

CAROLINA CRISTINA MEDEIROS

Dinâmica interanual do epibentos do infralitoral rochoso da ilha da Trindade

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica. Orientador: Prof. Dr. Tito Monteiro da Cruz Lotufo.

São Paulo  
2019

CAROLINA CRISTINA MEDEIROS

Dinâmica interanual do epibentos do infralitoral rochoso da ilha da Trindade

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica. Orientador: Prof. Dr. Tito Monteiro da Cruz Lotufo.

São Paulo  
2019

MEDEIROS, C. C. Dinâmica interanual do epibentos do infralitoral rochoso da ilha da Trindade. 54 f. Dissertação (Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Biológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Aprovado em:

Banca examinadora

Versão Corrigida

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe amada, Simara, pelo apoio de sempre, que com amor e carinho esteve presente nesses dois anos, aguentando meus momentos de euforia e estresse intercalados, com ânimo, paciência e compreensão incansáveis. Dedico a essa mulher guerreira minhas vitórias, incluindo essa.

Também quero agradecer ao meu orientador Tito, que foi muito receptivo desde o início, mostrando o caminho a ser trilhado e ensinou-me não apenas sobre comunidade bentônica e estatística, mas também que mestrado é uma etapa do aprendizado.

Aos amigos pelos encontros, reencontros e por deixarem tudo isso mais leve. Aos amigos de pós-graduação pela troca de experiência, desabafos e incentivos. Aos amigos de laboratório que contribuíram com sugestões e ideias, me ajudando a enxergar por ângulos diferentes e me socorrendo com *softwares* nada amistosos e com minha dificuldade imensa de entender a tecnologia que nos cerca. Aos amigos de projeto e aos laboratórios parceiros LECAR-UFF e LABAR-UFSC, pelas contribuições, estrutura e treinamentos.

Gostaria de agradecer também a amizade que o PELD-ILOC me trouxe, Julia, pela atenção, apoio e ouvidos. Aprendemos algumas coisas juntas, mas com certeza nessa relação fui eu que aprendi muito mais, desde o “ponta pé” inicial com os fotoquadrados e o CPCe, até os últimos instantes me auxiliando sempre que possível. Jamais vou esquecer sua disposição em me ajudar e pretendo retribuir sempre que você precisar, conte comigo!

Não posso deixar de citar e agradecer o governo brasileiro por contribuir com minha caminhada na ciência através dos programas PROUNI e Ciências sem Fronteiras. Sei que fizeram parte diretamente da minha graduação e não da pós-graduação, porém sem as experiências vividas eu não teria chegado até aqui. Impossível esquecer o antes, afinal, “a jornada é mais importante que o destino a que se chega” e minha “jornada” foi cheia de aprendizado, como um mestrado deve ser.

A todos que fizeram parte disso, deixo aqui meu muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Código de Financiamento 001.

*“Os erros cometidos agora valerão para sempre. É curioso que o mar, do qual a vida se originou, seja agora ameaçado por atividades de uma espécie de ser vivo. Mas o mar, embora sinistramente alterado, continuará a existir; em vez dele, o que está sob ameaça é nossa própria vida.”*

Rachel Carson

## RESUMO

As comunidades bentônicas concentram a maior parcela da biodiversidade marinha e constituem um elemento essencial da estrutura dos ecossistemas marinhos como um todo. São vários os fatores que influenciam na dinâmica bentônica, como interações competitivas, reprodução, aporte de nutrientes, temperatura, entre outros. Esses fatores regem o funcionamento da comunidade e alterações desses padrões, como pesca e poluição, podem induzir mudanças de fase. Ainda assim, é possível que mudanças de fase façam parte da dinâmica natural, a partir de fenômenos que agem em escalas de tempo maiores. Por esse motivo, torna-se bastante difícil indicar quais fatores podem suscitar mudanças lentas que culminem em diferenças importantes na estrutura das comunidades. Portanto, se fazem necessários estudos de variações temporais de longo prazo para melhor entendimento desses padrões naturais e das mudanças nesses padrões, que podem afetar o funcionamento e a resiliência do ecossistema. Esse tipo de estudo ainda é escasso para ilhas oceânicas brasileiras, sendo mais frequentes estudos de caracterização e de curto prazo. Dada a importância desse tipo de pesquisa, o presente trabalho é o primeiro para a comunidade bentônica recifal de uma série de estudos de longo prazo na ilha da Trindade, e integra o “Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração das Comunidades Recifais das ilhas Oceânicas Brasileiras” (PELD-ILOC), com objetivo central de analisar a dinâmica espaço-temporal da comunidade bentônica da ilha da Trindade e descrever sua composição entre os anos de 2013 e 2017. Para tal, foram demarcados quatro sítios em torno da ilha, com três transecções de 20 metros de comprimento em cada um, amostrando uma transecção por profundidade com 10 fotoquadrados em cada transecção. A cobertura bentônica foi avaliada por meio do *software* CPCe, com identificação dos organismos até o menor nível taxonômico possível, sendo posteriormente agrupados em grupos morfofuncionais. No geral, a comunidade bentônica da ilha da Trindade no período analisado foi dominada por macroalgas (*Caulerpa* sp., *Canistrocarpus cervicornis* e *Jania* sp.), *turf* e algas calcárias crostosas (*Peyssonnelia* sp.) e apresenta diferença significativa entre sítios e anos, porém não apresenta diferenças significativas entre as profundidades analisadas. Apesar do dinamismo natural dessas comunidades, foi possível observar diminuição da abundância de organismos bioconstrutores em 2016, que pode ter ocorrido devido ao El-Niño registrado no mesmo período. O ano de 2017 foi o que menos se assemelhou com os demais, apresentando aumento na riqueza, maior diversidade, maior relação entre sítios, grande crescimento na abundância de algas calcárias crostosas e mudança de dominância dentro do grupo de macroalgas, com a substituição da

macroalga *Caulerpa* sp. pela macroalga calcária articulada *Jania* sp.. Para explicar essas alterações, assim como suas consequências, é necessária a continuação do presente monitoramento, incluindo novas abordagens e metodologias, integrando análises de variáveis físico-químicas e padronização nos estudos para possíveis comparações, o que ajudaria a compreender melhor o comportamento da comunidade bentônica insular oceânica brasileira no geral e responder questões que só podem ser elucidadas a longo prazo.

**Palavras-chave:** Comunidade bentônica. Ilhas Oceânicas. Macroalgas. Comunidade recifal.

## ABSTRACT

Benthic communities host a major fraction of the marine biodiversity, being an essential component in the structure of marine ecosystems. There are several factors that influence the benthic dynamics, such as competitive interactions, reproduction, nutrient, temperature, etc. These factors control the functioning of the community and changes in these patterns can induce phase shifts. Nevertheless, it is possible that phase shifts are part of the natural dynamics, from phenomena that act on larger time scales. So, it is very difficult to indicate which factors can lead to slow changes that affect the structure of communities. Therefore, studies of long-term temporal variations are needed to better understand changes in those patterns that may affect the functioning and resilience of the ecosystem. This kind of study is still scarce for Brazilian oceanic islands, with more frequent characterization and short-term assessments. Hence, the present work is the first one for the benthic reef community of a series of long-term studies in the Trindade Island, and integrates the "Long-term Ecological Research Program of the Reef Communities of the Brazilian Oceanic Islands" (in Portuguese Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração das Comunidades Recifais das Ilhas Oceânicas Brasileiras - PELD-ILOC). The present study describes and does a spatio-temporal analysis of the reef benthic community of Trindade Island, assessing the substrate cover dynamics of four sites from 2013 to 2017. Each site was sampled at three depth ranges, with three transects and ten photoquadrats in each transect. Benthic coverage was analyzed using the CPCe software, with organisms identified to the lowest possible taxonomic level, and later grouped into morphofunctional groups. In general, the benthic community of Trindade Island during the analyzed period was dominated by macroalgae (*Caulerpa* sp., *Canistrocarpus cervicornis* and *Jania* sp.), turf and crustose coralline algae (*Peyssonnelia* sp.) The results showed significant changes among sites and years, however did not show significant changes among depths. Despite the natural dynamism of these communities, it was possible to observe a decrease in the abundance of bioconstructors in the 2016 expedition, which may have occurred because to El-Niño during the same period. The year 2017 was the most different when compared to others years, with an increase in species richness, but also greater diversity, greater similarity among sites, and a pronounced growth in the abundance of crustose coralline algae. In the same year a change in the dominant species was also observed, with the substitution of the macroalgae *Caulerpa* sp. by the articulated coralline algae *Jania* sp.. It is important to continue the present monitoring in order to determine the main causes and consequences of these structural changes, including new approaches and methodologies,



integrating abiotic variables and standardization in the studies for possible future comparisons, which would help to better understand the behavior of the Brazilian insular benthic oceanic community in general and answer questions that can only be elucidated in the long term.

**Key word:** Benthic community. Oceanic Island. Macroalgae. Reef community.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
ÁREA DE ESTUDO .....	18
GEOLOGIA.....	18
CLIMA E CORRENTES .....	19
COBERTURA BENTÔNICA .....	20
OBTENÇÃO DOS DADOS.....	20
ANÁLISE DOS DADOS.....	21
RESULTADOS .....	24
FAROL.....	29
FARRILHÕES .....	31
PONTA NORTE.....	32
TARTARUGAS.....	33
DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS .....	45

## INTRODUÇÃO

O bentos marinho possui grande relevância ecológica, desempenhando papel essencial no equilíbrio dos ecossistemas marinhos, participando também do acoplamento bento-pelágico, atuando na troca de energia, massa e nutrientes entre esses ambientes (GRIFFITHS et al., 2017). Esse processo torna a comunidade bentônica um verdadeiro sumidouro, já que os restos da produção da coluna d'água que chegam ao fundo são consumidos pela biota ali presente, conectando plâncton e bentos (GILI; COMA, 1998).

Esses organismos disponibilizam minerais através da aeração e a estruturação do sedimento, ajudando na remineralização do ambiente (COLLING; BEMVENUTI, 2011). Por exemplo, dentre esses organismos, existem os corais com habilidade de incorporar carbonato de cálcio em seus tecidos (bioconstrutores), o que contribui para o crescimento em tamanho e complexidade dos ambientes recifais (GOREAU, 1963). Esses ambientes são tão importantes que são comparados às florestas tropicais, e estão para o ambiente marinho como as florestas tropicais estão para o ambiente terrestre, devido sua produtividade e diversidade (CONNELL, 1978).

Para nós seres humanos, ainda possuem utilidade econômica, com espécies de interesse comercial por serem fonte de alimento (SOARES et al., 2016) e por produzirem rico espectro de substâncias bioativas usadas na farmacologia (JIMENEZ et al., 2003, 2008; KOSSUGA et al., 2007). Os organismos bentônicos que possuem hábitos filtradores são bons bioindicadores da qualidade da água e do ambiente marinho e seu uso no monitoramento ambiental tem apresentado crescimento ao longo dos anos (BARBOUR et al., 1999; HAJDU et al., 2011)

A classificação desses organismos, para além da taxonomia, pode ser realizada de acordo com tamanho, alimentação, locomoção ou mesmo de acordo com o hábito e ocupação preferencial no substrato, como por exemplo, biota epibentônica que vive acima do substrato (COLLING; BEMVENUTI, 2011).

A dinâmica ecológica dessa biota é geralmente controlada pela disponibilidade de espaço, resultando em interações ecológicas e grande influência da herbivoria e predação (PAINE, 1984; SANDIN; MCNAMARA, 2012), além da influência abiótica como aporte de nutrientes (WORM; LOTZE, 2006) e a interferência de luz e temperatura ou mesmo a sinergia entre elas (FERRARI et al., 2012). Entretanto, o recrutamento também tem grande

relevância, o que dá às estratégias reprodutivas dos organismos um grande peso em termos do seu sucesso neste tipo de sistema (KEOUGH, 1984).

Fenômenos oceanográficos de larga escala, como correntes e ressurgências também podem modular a estrutura dessas comunidades (FENBERG et al., 2015; MENGE et al., 2003). Quanto a isso, não se sabe se sua influência é universal nos fundos rochosos marinhos, menos ainda a velocidade de resposta da biota a modificações nesses padrões.

A maior parte dos estudos sobre aspectos dinâmicos das comunidades marinhas de fundos consolidados utilizou o entremarés como modelo, em virtude principalmente da sua acessibilidade. No entremarés há um claro domínio do gradiente de exposição ao ar, que junto com interações de competição e predação, determinam a distribuição dos organismos em zonas definidas, fenômeno conhecido por “zonação” (COUTINHO; ZALMON, 2009). Para o infralitoral há um volume muito menor de informações, pois mesmo o acesso a este ambiente só se tornou mais fácil a partir da década de 40 com o advento do mergulho SCUBA (*Self-contained underwater breathing apparatus*).

Alguns estudos têm mostrado “mudanças de fase” (*phase shifts*) em alguns ecossistemas marinhos, até mesmo no Brasil (CRUZ et al., 2015). Tais mudanças são evidenciadas a partir de alterações na estrutura da comunidade, afetando especialmente espécies dominantes ou espécies-chave, o que conseqüentemente causa alterações na funcionalidade dos organismos, já que em ambientes tropicais diminui a abundância de organismos bioconstrutores de recife, como corais pétreos, por exemplo, e aumenta a abundância de organismos não bioconstrutores como macroalgas (JOHNS et al., 2018; LAUZON-GUAY; SCHEIBLING; BARBEAU, 2009).

Diversos fatores podem desencadear mudanças de fase nas comunidades, desde elementos localizados, como herbivoria (BURKEPILE; HAY, 2006), pesca (MUMBY et al., 2016), poluição e eutrofização (MÖRK et al., 2009), até fatores globais, como mudanças climáticas (RUZICKA et al., 2013). Ainda assim, é possível que mudanças de fase façam parte da dinâmica natural, a partir de fenômenos que agem em escalas de tempo maiores e por esse motivo, torna-se bastante difícil indicar quais fatores podem suscitar mudanças lentas que culminem em diferenças importantes na estrutura das comunidades.

Para tanto, se fazem necessários estudos de variações temporais, sendo que já existem trabalhos nesse contexto, porém são trabalhos realizados sobre aspectos dinâmicos das comunidades em escalas temporais curtas, de horas até meses (e.g. BACCHIOCCHI; AIROLDI, 2002; NAKAOKA et al., 2006; NORDSTRÖM; AARNIO; BONSDORFF, 2009; PINEDO; ARÉVALO; BALLESTEROS, 2015), mas estudos sobre fenômenos em escalas

temporais maiores, desde escalas interanuais a interdecadais ainda são minoria (e.g. BLANCHARD, 2015; MENGE et al., 2003; RUZICKA et al., 2013).

Nesse sentido, o Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), que foi criado em 1997 sob a responsabilidade do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) oferece uma ótima oportunidade, permitindo o registro contínuo de importantes biomas brasileiros (TABARELLI et al., 2013). O PELD articula sítios (preservados ou não) para pesquisa científica na área de ecologia de ecossistemas, sendo que no momento fomenta uma rede de 31 sítios de pesquisas. Os estudos do programa, como o próprio nome já diz, são de longo prazo e tem como objetivo adquirir conhecimento científico sobre a dinâmica temporal e espacial dos ecossistemas em escalas que variam do nível regional ao global, permitindo a obtenção de informações importantes para a gestão sustentável desses ecossistemas (TUNDISI, 2013).

O projeto “MONITORAMENTO DE LONGA DURAÇÃO DAS COMUNIDADES RECIFAIS DAS ILHAS OCEÂNICAS BRASILEIRAS” (PELD-ILOC) foi contemplado com financiamento no edital PELD de 2012, tendo sido novamente contemplado no edital de 2016. O projeto visa monitorar os quatro conjuntos de ilhas oceânicas brasileiras: Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), Arquipélago de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e o Complexo Insular de Trindade e Martin Vaz (BARBOSA, 2013).

E importante estudar ilhas oceânicas, pois devido seu isolamento, muitas vezes conservam característica prístinas e são consideradas laboratórios vivos possuindo grande importância nos estudos de biodiversidade e conservação de ecossistemas. Devido as altas taxas de endemismo (FLOETER et al., 2008) são muitas vezes, consideradas hotspots de biodiversidade, ou seja, locais com grande riqueza natural, elevada biodiversidade e importantes para manutenção de espécies sendo excelentes modelos para monitoramentos de longo prazo, permitindo comparações com a zona costeira já que devido a sua localização remota são menos sujeitas a impactos antrópicos localizados.

Dentre as ilhas oceânicas brasileiras, Trindade e Martin Vaz são as mais distantes, o que explica a pouca informação sobre o ecossistema bentônico tanto das ilhas, como da cadeia Vitória-Trindade (CVT).

As ilhas da Trindade e Martin Vaz foram descobertas em 1501 pelo espanhol João da Nova a serviço de Portugal, sendo primeiramente nomeada de Assunção (ALMEIDA, 1995).

Em 1502 passou a se chamar Trindade e sofreu alternância de posse entre portugueses e ingleses. Esses últimos apossaram-se da ilha pela primeira vez em 1700 quando da visita do

famoso astrônomo Edmond Halley. Posteriormente houve tentativa sem êxito de colonização por açorianos e várias visitas de exploradores e cientistas como James Cook em 1775, James Clark Ross em 1839, do navio Challenger em 1876 e de Jean-François de La Pérouse em 1887 (ALMEIDA, 1995; ANGULO et al., 2017).

A posse da ilha se tornou definitivamente brasileira em 1897, quando o “marco da soberania”, como é conhecido, foi colocado na praia dos Andradas após intervenções diplomáticas da nova República brasileira junto à Inglaterra, que havia ocupado novamente a ilha entre 1895 e 1896 (SECIRM, 2017).

Apesar da tentativa de colonização por civis, as ocupações militares sempre se mostraram mais frequentes na história de ocupação da ilha, ficando guarnecida nas guerras mundiais e servindo de presídio político em 1924 (ALMEIDA, 1995).

No ano de 1953, conforme o 1º artigo da lei estadual 732/53, o complexo insular de Trindade e Martin Vaz foi incorporado ao município de Vitória (ESPÍRITO SANTO, 1953) e em 1957, Ano Internacional Geofísico, foi ocupada definitivamente pela Marinha do Brasil, que estabeleceu o Posto Oceanográfico da Ilha da Trindade (POIT) (ALMEIDA, 1995). Essa ocupação foi determinante para o Brasil poder delimitar o Mar Territorial (MT) e a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) no local e com isso obter o direito de explorar de forma sustentável o entorno das ilhas (ANGULO, 2017).

A Reserva Ecológica Municipal das Ilhas Oceânicas da Trindade e Arquipélago Martin Vaz foi criada no ano de 1989 visando proteger a flora e a fauna endêmica e nativa, ou mesmo a fauna que procura as ilhas para reprodução, proteger as formações geológicas locais e incentivar pesquisas científicas, conciliando as atividades humanas e a proteção ambiental (GRIFFO; SILVA, 2013; VITÓRIA, 1989).

Em 2007, com o objetivo de incentivar estudos mais regulares e expandir o conhecimento da região, foi criado o Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade (PROTRINDADE) e através do programa houve a implantação da estação científica (ECIT) em dezembro de 2010 (SECIRM, 2010).

Recebendo muitas críticas foi estabelecida na região em 2018 a Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Trindade e Martin Vaz e o Monumento Natural das Ilhas da Trindade, Martin Vaz e do Monte Columbia (BRASIL, 2018). As críticas ocorreram devido à maneira controversa de implantação, que ignorou e alterou o projeto proposto originalmente pela comunidade científica, gestores e membros de organizações não governamentais, nas audiências públicas, e deixou de contemplar áreas prioritárias e mais vulneráveis, como áreas

costeiras e recifais da ilha, além da possibilidade de abrir precedentes para atividades como pesca e mineração, já que não foram expressamente proibidas (GIGLIO et al., 2018).

As ilhas, como mencionado, pertencem à Cadeia Vitória-Trindade (CVT) que trata-se de uma cadeia de montes submarinos cobertos por calcário biogênico e a ilha da Trindade pode ser dividida em dois setores hidrodinâmicos diferentes, sendo um mais energético que o outro (CALLIARI et al., 2017). Assim sabe-se que na CVT as formações de algas vermelhas são abundantes em profundidades além dos 30 metros, formando o principal habitat bentônico, com inúmeras espécies de invertebrados e macroalgas associados (MEIRELLES et al., 2015). A exceção é Martin Vaz, onde rodolitos (formações de algas vermelhas crostosas) são ausentes e foram observados apenas pequenos pedaços de nódulos de algas calcárias, talvez fragmentos da estrutura recifal (PEREIRA-FILHO et al., 2012).

Na Ilha da Trindade, as formações biogênicas são na maior parte das vezes construídas por algas e esponjas, além de corais (PINHEIRO et al., 2015), que também são encontrados em abundância com boa diversidade na CVT, de forma semelhante àquela do banco de Abrolhos (CASTRO et al., 2006). Ainda que sejam poucos os trabalhos realizados em Trindade, Villaça et al. (2006) revelam que, de uma forma geral, é comum nas ilhas oceânicas brasileiras a presença de *turf* e cobertura de macroalgas para áreas mais superficiais, apresentando entre elas composição parecida de organismos. *Turf* é um termo de uso amplo, frequentemente utilizado para designar uma associação de composição e natureza muito complexas. Contendo várias espécies de diatomáceas, cianobactérias e algas, com grande variedade morfológica e presente em diferentes habitats, podem ser persistentes ao longo do tempo a uma série de perturbações e dominam ambientes recifais no Caribe, assim como estão presentes em todas as latitudes (CONNELL; FOSTER; AIROLDI, 2014; KRAMER, 2003).

Para alguns animais recifais, como peixes, a região onde se encontra a CVT - oeste do atlântico sul – tem metade da riqueza se comparada com a região oeste do atlântico norte. Entretanto, mesmo com esse número menor de espécies, a região oeste do atlântico sul apresenta grau de endemismo de 25%, o que foi considerado substancial por Floeter et al. (2008). Segundo estes autores, a taxa de endemismo na região da ilha da Trindade para peixes recifais é de 5,7%, valor maior que os registrados em Fernando de Noronha e Atol das Rocas e menor que no arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP). Postula-se que em Trindade o endemismo de peixes é menor que no ASPSP devido à conexão com o continente através dos montes submarinos, o que não ocorre no ASPSP.

Com a última glaciação alguns montes submarinos ficaram mais próximos da superfície e alguns emergiram parcialmente, criando ambientes de águas rasas em regiões

oceânicas contribuindo para dispersão de espécies durante os momentos de menor nível do mar podendo explicar o aspecto relativamente cosmopolita das faunas na ilha (COIMBRA; CARREÑO, 2012)

Ainda corroborando esse conceito de que os montes submarinos funcionam como alpodras, ligando o continente às ilhas e facilitando dispersão das espécies, Pinheiro et al. (2015) descreveram cinco espécies da ictiofauna nos montes da CVT que antes eram consideradas endêmicas da ilha da Trindade. Entretanto, história geológica, variações no nível do mar e as diferenças ambientais entre esses locais (montes, ilhas e continente) podem favorecer a especiação, e a corrente do Brasil (CB) pode intensificar o efeito da barreira (PINHEIRO et al., 2017). Por exemplo, para alguns peixes criptobentônicos, a CVT tem efeito limitado do ponto de vista da manutenção da conectividade, já que esse tipo de peixe apresenta baixa capacidade de dispersão (SIMON; MACIEIRA; JOYEUX, 2013). Assim, os pesquisadores sugerem que o grau de conectividade também depende do táxon, da sua biologia e capacidade de dispersão.

Apesar da ilha da Trindade ter apresentado baixa riqueza de organismos como ostracodas bentônicos (COIMBRA; CARREÑO, 2012), para equinodermos a ilha foi a mais rica (MARTINS et al., 2018) e para gastrópodes foi a segunda mais rica entre as ilhas, sendo registrado no local 109 espécies de gastrópodes, ficando atrás apenas de Fernando de Noronha (130 espécies) (BARROSO et al., 2016). Os autores registraram também que para gastrópodes, Trindade apresenta grande número de espécies endêmicas (11), o maior número dentre as ilhas. Porém quando analisado proporcionalmente o grau de endemismo em porcentagem, assim como para ictiofauna recifal (FLOETER et al. 2008), o ASPSP também apresenta para gastrópode, maior taxa de endemismo (29,4%) e a ilha da Trindade a segunda maior (10.1%) (BARROSO et al., 2016).

Na ilha da Trindade, também foi registrada alta abundância de sipuncula e poríferos, (LAVRADO, 2006; MURICY et al. 2006) e segundo Soares (2016) essa região possivelmente é um hotspot para diversidade bentônica, porém há grandes lacunas em seu conhecimento. Barroso et al. (2016) ainda destacam que para a conservação destes ecossistemas, são indispensáveis mais estudos para melhorar o entendimento dos padrões e processos que implicam na distribuição da fauna bentônica, assim como ampliar o conhecimento dos efeitos dos montes submarinos sobre a biota insular.

Trindade tem notável relevância nos estudos para conservação de ecossistemas, pois a região tem taxa de endemismo por área maior que a relação registrada em lugares como o Caribe, que conserva um melhor conhecimento desse tipo de biota e onde há mais esforços



para proteção (MOURA, 2000). Como há, comparativamente, um volume menor de dados sobre a biota bentônica, um elemento fundamental para o funcionamento do ecossistema insular oceânico, e dado o alto grau de endemismo no local, é fundamental que se conheça a composição e funcionamento do bentos na região.

Dessa forma, o objetivo central deste projeto é descrever a comunidade bentônica recifal e analisar a sua dinâmica espaço-temporal nos fundos rochosos submersos da Ilha da Trindade entre 2013 e 2017.

A partir do que foi apresentado acima, se pretende trabalhar as seguintes hipóteses:

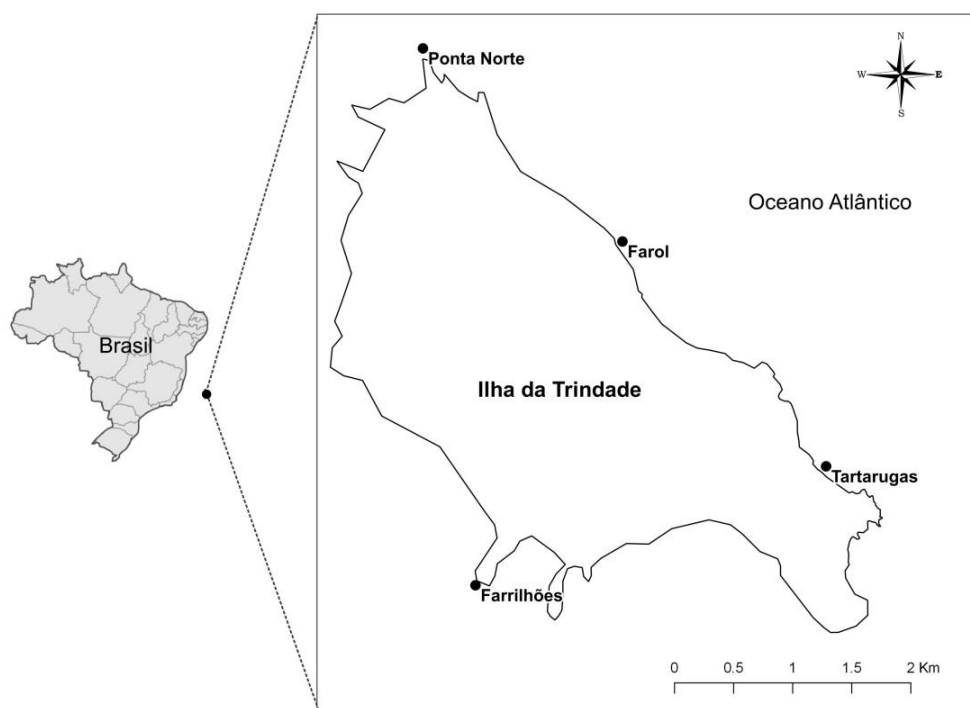
- a) Devido à dinâmica natural que esse tipo de ecossistema possui e considerando que já foram descritos mudança de fase em ambientes tropicais, inclusive no Brasil, espera-se encontrar alterações na biota bentônica dos fundos rochosos da ilha da Trindade ao longo dos 4 anos de monitoramento.
- b) A distribuição na estrutura da comunidade se dá de forma distinta entre os sítios, devido às diferenças hidrodinâmicas entre eles;
- c) A distribuição na estrutura da comunidade se dá de forma distinta também entre as profundidades amostradas, podendo mostrar uma zonação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de Estudo

Considerado o ponto mais oriental do Brasil, o complexo da Trindade e Martin Vaz é o marco leste do território sob soberania brasileira e localiza-se a 608 milhas náuticas da costa, próximo à latitude da cidade de Vitória, no Estado do Espírito Santo, entre os paralelos 20° e 21° S (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da área de estudo: Ilha da Trindade. Os pontos nominados representam os sítios estudados



Fonte: Medeiros (2019).

Das ilhas que integram o arquipélago, Trindade é a maior, medindo 9,28 km<sup>2</sup>, os três picos que nomearam a ilha se destacam no horizonte e atingem entre 570 e 640 metros de altura. Entre eles está o Pico Desejado, o mais elevado e centro geográfico da ilha, determinado pelas coordenadas 20°30'28''S 29°19'23''O (ALMEIDA, 1995, 2006; VITÓRIA, 1989).

### Geologia

As ilhas e a cadeia Vitória-Trindade (CVT) surgiram em locais de fraturas reativas a partir do eoceno médio e se estendem desde a margem continental capixaba em direção à

dorsal meso-atlântica, culminando nas ilhas da Trindade e Martin Vaz (ALMEIDA, 1995, 2006). Sua formação ocorreu através de derrames vulcânicos, originados de um *hot spot* de orientação leste-oeste, e alguns estudos mostram que as últimas atividades vulcânicas na ilha ocorreram entre 3,9 e 3,5 milhões de anos (HACKSPACHER et al., 2017; THOMAZ FILHO; RODRIGUES, 1999).

A mineralogia da ilha é caracterizada pela falta de quartzo e abundância de minerais como: feldspatos alcalinos; feldspatóides, que contem menor quantidade de sílica que os feldspatos; piroxênios e anfibólios, invariavelmente encontrados em rochas magmáticas (ALMEIDA, 1961; MOHR, 2009).

Pertinente à origem vulcânica, são mais comuns intrusões de fonólitos, rochas vulcânicas de composição alcalina (ALMEIDA, 2006; PIRES; MANSUR; BONGIOLO, 2013), contudo foram encontradas em algumas praias outras formações como calcarenitos, que são formados principalmente por fragmentos de algas calcárias (ALMEIDA, 1961; CASTRO, 2010).

#### Clima e correntes

A ilha está sob zona de alta pressão influenciada pelo Anticiclone Subtropical Atlântico Sul (ASAS), possui clima Oceânico Tropical, com alta umidade e temperaturas que variam entre 17° e 30°C. Contém fonte de água doce devido ao alto índice de precipitações. A água da chuva é armazenada em lençóis freáticos que afloram em algumas partes da ilha, originando córregos (ALVES, 1998).

Quanto à circulação oceânica, a região sofre influência da Corrente do Brasil (CB), caracterizada pela baixa concentração de nutrientes e por alta salinidade e temperatura (27°C) (GASPARINI, 2004). A CB é formada através da porção sul resultante da bifurcação da Corrente Sul Equatorial e transporta as massas oceânicas Água Tropical (AT) que é superficial e quente e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que possui temperatura baixa, salinidade média e alta concentração de nutrientes (SVERDRUP; JOHNSON; FLEMING, 1942).

A ACAS é formada pela Confluência Brasil-Malvinas, onde a Corrente das Malvinas – com baixa temperatura e salinidade - converge com a CB. Devido aos desvios da CB no banco de Abrolhos e na CVT, a ACAS encontra-se mais superficial nessa região (SILVEIRA et al., 2000; STRAMMA; ENGLAND, 1999).

Da mesma forma, a cadeia interrompe a passagem da Corrente Profunda da Borda Oeste, a qual transporta a Água Profunda do Atlântico Norte, que flui para o leste quando encontra a barreira. Hogg e Owens (1999) sugerem que a corrente volta para oeste assim que chega ao sul da cadeia, porém aqui já se tratam de massas de água mais profundas, a cerca de 2500 metros de profundidade.

Possui plataforma estreita que varia entre 1000 e 3000 metros fazendo com que sejam comuns ondas fortes, já que sofrem pouco atrito no fundo, chegando à costa com alta energia (ANGULO et al., 2017). As ondulações ocorrem preferencialmente da direção sul e sudoeste, com áreas mais energéticas abrangendo a região sudoeste e leste da ilha, e áreas menos energéticas entre noroeste a nordeste, onde apenas ondas formadas por tempestades chegam esporadicamente com mais energia (CALLIARI et al., 2017).

#### Cobertura bentônica

Trindade possui uma comunidade bentônica composta predominantemente por algas, representadas principalmente por clorófitas e feofíceas: *Caulerpa verticillata*, *Dictyota* e *Canistrocarpus cervicornis*. Entre as rodófitas, as mais citadas são *Peyssonnelia*, *Jania* e *Amphiroa*. Outros componentes presentes são outras algas calcárias crostosas (além de *Peyssonnelia*), turf, cianobactérias e considerável cobertura de areia e abundância de esponjas. Com baixa riqueza em corais, levantamentos anteriores a esse trabalho destacam os gêneros *Mussismilia* e *Siderastrea* (ALMEIDA, 2006; MEIRELLES et al., 2015; PEREIRA-FILHO et al., 2011; VILLAÇA et al., 2006).

#### Obtenção dos dados

Foram utilizados dados do PELD-ILOC coletados nas expedições de 2013 (julho e agosto), 2015 (setembro), 2016 (maio e junho) e 2017 (agosto e setembro) na Ilha da Trindade. Foram estabelecidos na ilha quatro sítios: Farol (20°29'58.27"S 29°19'20.03"O), Ponta Norte (20°29'23.59"S 29°20'20.05"O), Farrilhões (20°31'30.70"S 29°19'52.94"O) e Tartarugas (20°30'37.42"S 29°18'31.03"O) (Figura 1), sendo que dois estão no setor mais energético da ilha - Farrilhões e Tartarugas, faces sudoeste e sudeste - e outros dois em área menos energética - Farol e Ponta Norte, faces norte e noroeste (CALLIARI et al., 2017).

Devido a problemas climáticos não houve amostragem no sítio Farrilhões na expedição de 2016.

O protocolo descrito a seguir é adaptado de Preskitt, Vroom e Smith (2004) e tem sido replicado anualmente desde 2013 como parte do projeto PELD-ILOC.

Ao todo foram realizadas três transecções em cada sítio amostral, sendo uma por nível de profundidade, que variaram entre 4 e 15 metros, com pelo menos 2 metros de espaçamento entre cada uma das transecções.

Cada transecção linear possui 20m, sendo que em 2013 as extremidades foram identificadas e marcadas para sinalizar o seu começo e fim. Foram estabelecidos pontos fixos em cada sítio para fazer a comparação temporal da cobertura do substrato. Nas expedições seguintes não foi possível encontrar essas marcações que foram perdidas. Assim foi repetido o procedimento em todos os demais anos de expedição, sempre havendo perda de algumas marcações, mas não houve comprometimento do trabalho.

Foi usado um quadrado de 0,25 m<sup>2</sup> (50x50cm) para fotografar o substrato, com o registro feito de forma perpendicular ao substrato.

Através da base de dados da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), foi possível obter dados de temperatura da superfície do mar nos meses e anos de expedição para posteriormente avaliar a relação entre temperatura e a comunidade bentônica registrada.

### **Análise dos dados**

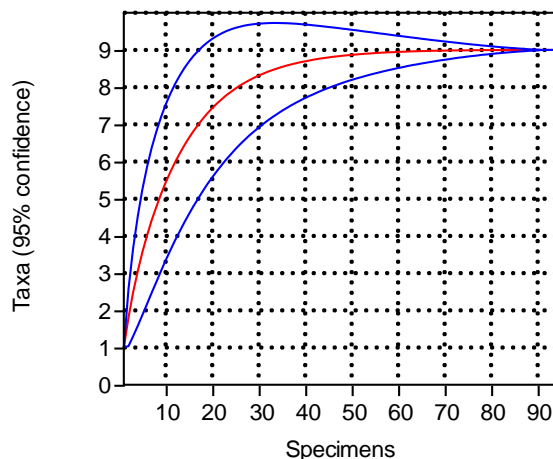
As imagens foram organizadas, selecionadas e pré-tratadas no editor de imagens *PhotoScape* v3.6.2, melhorando o balanço do branco, ajustando brilho, contraste e rotação quando necessário. Houve o descarte de algumas fotos que estavam desfocadas ou tremidas, o que impossibilitava a análise.

Foram analisadas 793 imagens através do programa *Coral Point Count with Excel extensions* (CPCe) (KOHLENER; GILL, 2006). Para padronização da metodologia entre as diferentes ilhas oceânicas trabalhadas, foi realizado estágio de uma semana no Laboratório de Ecologia de Ambientes Recifais (LABAR) na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), parceiro no projeto PELD-ILOC.

Por meio do programa foram gerados 60 pontos aleatórios sobre a imagem, sendo registrados para cada um os organismos que recobrem o substrato. A definição de número de pontos (esforço amostral) ocorreu após a análise de 100 fotos e a realização da curva do

coletor (Figura 2) obtida através do *software PAleontological STatistics (PAST)* (Hammer & Happer 2006). Foi observado que 60 pontos aleatórios e não 100 como previsto inicialmente, já são suficientes para representar a diversidade e cobertura do fotoquadrado analisado.

Figura 2 - Curva do coletor obtida através da análise de 100 fotos da expedição de 2013 em Trindade, Brasil, para definir o número de pontos suficientes para representar a diversidade e cobertura de cada unidade amostral.



Fonte: Medeiros (2019).

Nesse trabalho os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível e agrupados em grupos morfofuncionais (Tabela 1). Os grupos e subgrupos de macroalgas e algas calcárias crostosas foram organizados seguindo classificações de Littler, Littler e Taylor (1983) e Steneck e Dethier (1994). O grupo de algas calcárias crostosas foi desvinculado do grupo macroalgas ao invés de ser usado como subgrupo, devido sua importante função bioconstrutora.

A partir da análise das imagens foram geradas planilhas com a composição e porcentagem de cobertura de cada morfotipo em cada unidade amostral (fotoquadrado). Com os dados planilhados, a estrutura da comunidade foi estudada a partir de descritores como riqueza, equitatividade, diversidade e similaridade. Para cálculo dos descritores foi utilizado *software Past* e cálculo de correlação pela função *cor.test* através do *software R*.

A estrutura da comunidade foi comparada entre os anos, sítios e profundidades, considerando interações possíveis entre todos os fatores por meio de PERMANOVA, usando a função *adonis* do pacote “vegan” do *software R*.

Tabela 1- Grupos morfofuncionais separados em grupos e subgrupos

<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo</b>
Cianobacteria	-
Coral	Scleractinia
Zoanthideo	-
Suspensívoros/Filtradores	Porífera
Outros Invertebrados	Echinodermata
Alga Calcária Crostosa	-
Macroalgas	Alga Calcária Articulada; Corticada; Filamentosa; Foliácea
Turf	-

Fonte: Medeiros (2019).

## RESULTADOS

Ao todo foram registrados 32 morfotipos, sendo que 8 foram identificados a nível de gênero, 10 a nível de grupo e 14 a nível de espécie (Tabela 2).

Tabela 2 - Morfotipos registrados em cada sítio amostral ao longo do monitoramento (grupo morfofuncional e nível taxonômico correspondente; Sítios amostrais: Fl = Farol, Fs = Farrilhões, PN = Ponta Norte e Tg = Tartarugas; ■ = Presença, □ = Ausência)

Categoria / Subcategoria	Nível Taxonômico (Gênero / Espécie)	Sítios amostrais			
		Fl	Fs	PN	Tg
<b>Cianobacteria</b>	Cianobactéria	■	■	■	■
<b>Coral</b>	Scleractinia				
	<i>Montastraea cavernosa</i>	■	■	■	■
	<i>Mussismilia hispida</i>	■	■	■	■
	<i>Siderastrea stellata</i>	■	■	□	■
<b>Zoanthideo</b>	<i>Palythoa</i> sp.				■
<b>Suspensívoros / Filtradores</b>	Porífera				
	<i>Aiolochoira crassa</i>	■	■	■	■
	<i>Chondrilla nucula</i>	■	■	■	■
	<i>Clathria</i> sp.	■	■	■	■
	Esponja incrustante não identificada	■	■	■	■
	<i>Verongula gigantea</i>	■	■	■	■
	<i>Verongula rigida</i>	■	■	■	■
<b>Outros invertebrados</b>	Echinodermata				
	<i>Diadema antillarum</i>	■	■	■	■
	<i>Echinometra lucunter</i>	■	■	■	■
<b>Alga calcária crostosa</b>	Alga calcária crostosa não identificada 1	■	■	■	■
	Alga calcária crostosa não identificada 2	■	■	■	■
	Alga calcária crostosa não identificada 3	■	■	■	■
	Alga calcária crostosa não identificada 4	■	■	■	■
	Alga calcária crostosa não identificada 5	■	■	■	■
	<i>Mesophyllum erubescens</i>	■	■	■	■
	<i>Peyssonnelia</i> sp.	■	■	■	■
<b>Macroalgas</b>	Calcárias articuladas				
	<i>Amphiroa</i> sp.	■	■	■	■
	<i>Halimeda discoidea</i>	■	■	■	■
	<i>Jania</i> sp.	■	■	■	■
	Corticada	■	■	■	■
	<i>Neomeris annulata</i>	■	■	■	■
	Filamentosa	■	■	■	■
	<i>Caulerpa</i> sp.	■	■	■	■
	<i>Cladophora</i> sp.	■	■	■	■
	Macroalga Filamentosa não identificada	■	■	■	■
	Foliosa	■	■	■	■
	<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	■	■	■	■
	<i>Dictyopteris</i> sp.	■	■	■	■
	<i>Dictyota</i> sp.	■	■	■	■
<b>Turf</b>	Turf	■	■	■	■
	Turf calcário	■	■	■	■

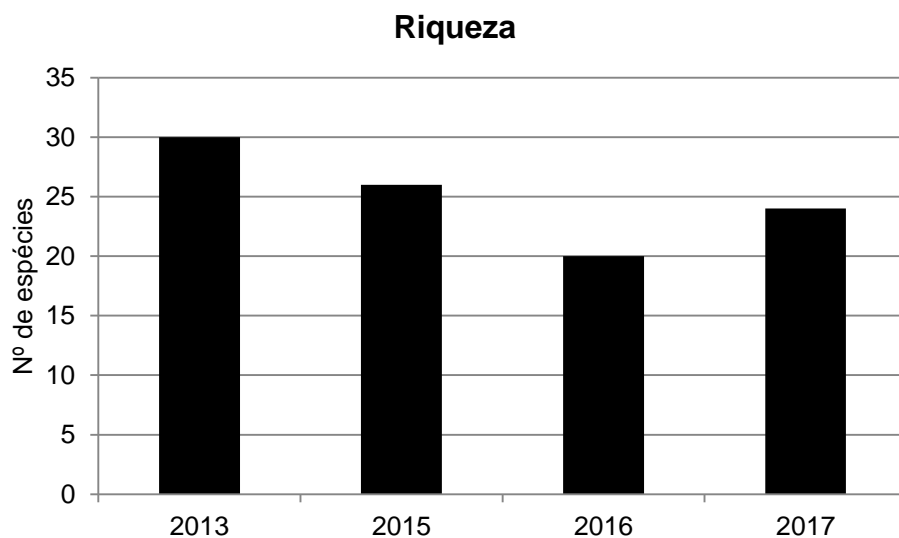
Fonte: Medeiros (2019).



Das expedições realizadas, a de 2013 foi a que apresentou maior riqueza, somando 30 morfotipos nos quatro sítios amostrados. A expedição seguinte (2015) registrou 26 morfotipos, 13,3% a menos em relação a 2013.

No ano de 2016 a queda foi ainda maior, cerca de 23% em relação a 2015 ou mais de 30% em relação a primeira expedição, em 2013, com 20 espécies registradas ao todo. Em 2017, a riqueza aumentou para 24 espécies (Figura 3). Esse padrão de queda nos primeiros anos e crescimento em 2017 ocorreu em todos os sítios.

Figura 3 - Número de morfotipos registrados ao longo do monitoramento PELD-ILOC Trindade

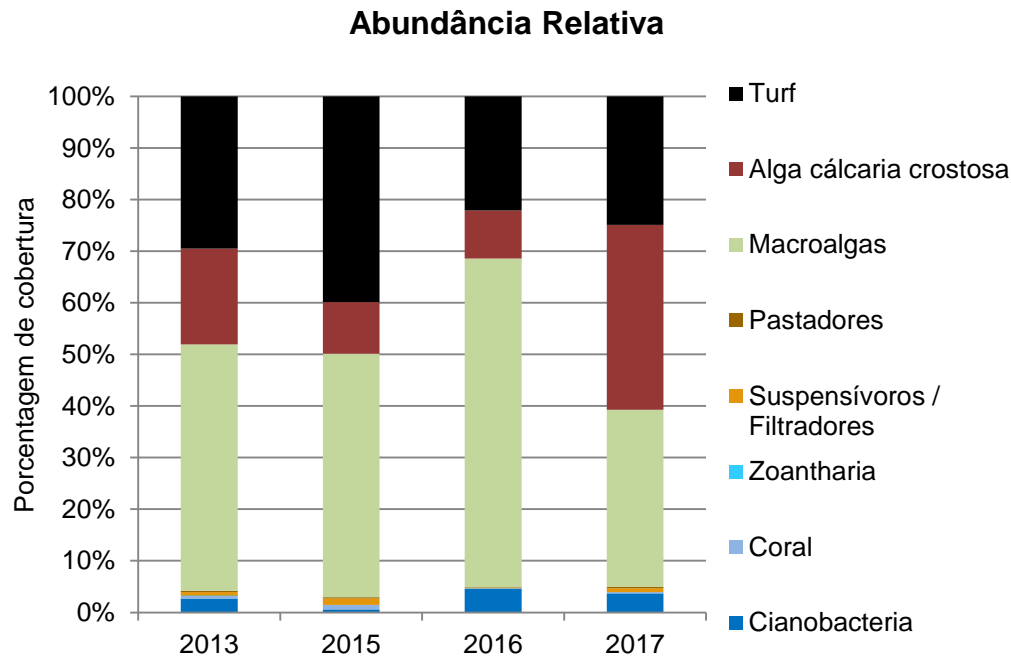


Fonte: Medeiros (2019).

No geral, os grupos morfofuncionais que apresentaram maiores porcentagens de cobertura nas amostragens realizadas pelo programa foram os grupos de macroalgas, *turf* e alga calcária crostosa (Figura 4).

Considerando todos os anos de monitoramento, a média geral desses grupos foi de 48,3% para macroalgas, 29% para *turf* e 18,4% para algas calcárias crostosas.

Figura 4- Abundância relativa da comunidade bentônica encontrada na ilha da Trindade durante as quatro expedições do PELD-ILOC



Fonte: Medeiros (2019).

Não houve diferença significativa da composição bentônica entre as profundidades amostradas, ao contrário dos sítios e anos, que em nível taxonômico de gênero e espécie, apresentaram diferenças significativas (Tabela 3) e oscilações nas abundâncias, principalmente entre os subgrupos de macroalgas e algas calcárias crostosas (Figura 9).

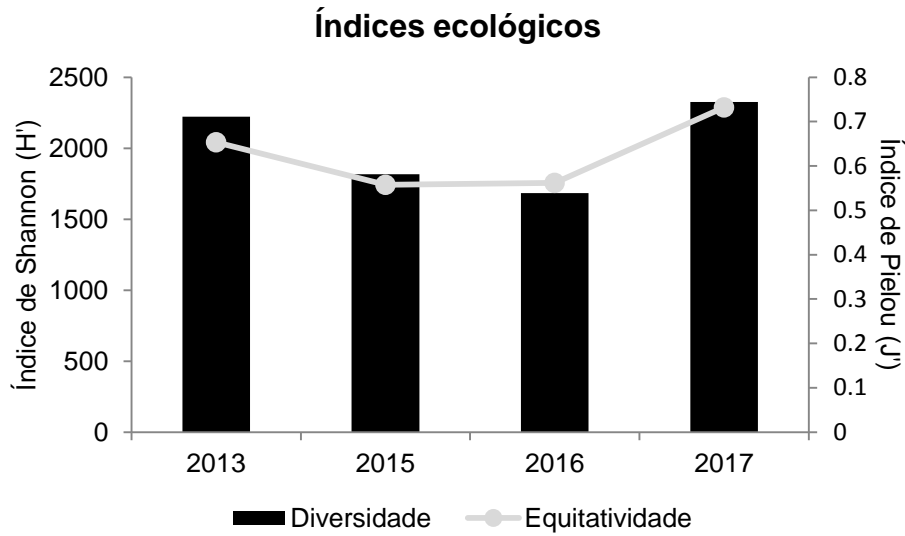
Tabela 3 - Resultados do teste PERMANOVA para a comunidade da ilha da Trindade entre 2013 e 2017

	Pr(>F)
Ano	0.001
Sítio	0.001
Profundidade	0.208
Ano:Sítio	0.001
Ano:Profundidade	0.088
Sítio:Profundidade	0.257
Ano:Sítio:Profundidade	0.055

Fonte: Medeiros (2019).

Os índices ecológicos calculados mostraram que houve queda da equitatividade e diversidade da comunidade estudada entre os anos de 2015 e 2016, com aumento em 2017, inclusive, essa última expedição registrou maior diversidade durante o monitoramento (Figura 5).

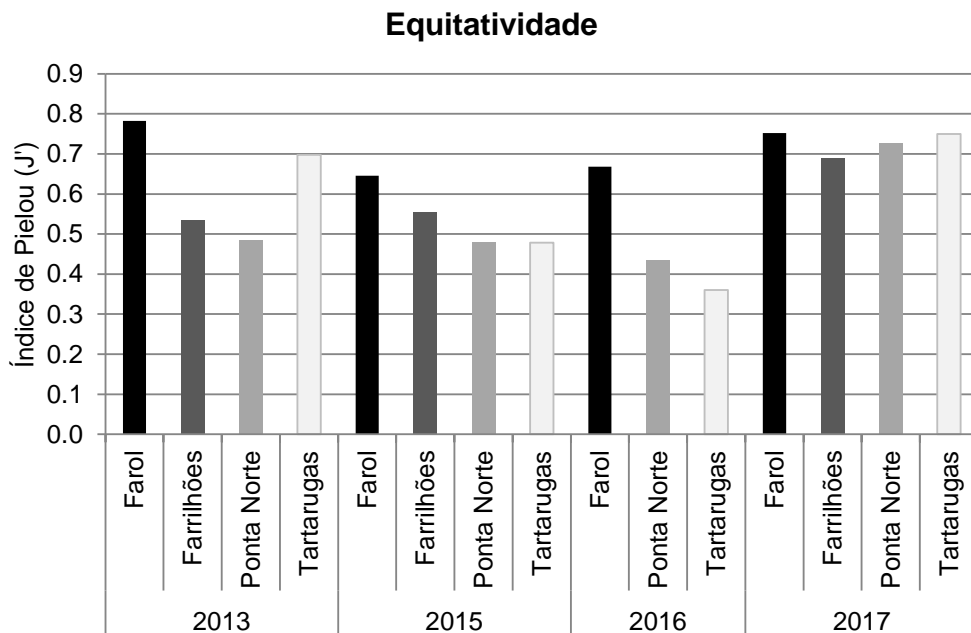
Figura 5 - Índices ecológicos anuais: Diversidade de Shannon e Equitatividade de Pielou



Fonte: Medeiros (2019).

No geral, quando analisada a equitatividade no contexto espaço-temporal, o sítio Farol apresentou maior equitatividade durante todo o monitoramento, enquanto houve uma tendência de queda gradual da equitatividade nos pontos Farrilhões, Ponta Norte e Tartarugas (nessa ordem), com exceção de Tartarugas em 2013, quando esse sítio apresentou a segunda maior equitatividade. Em 2017 não ocorreu esse padrão (Figura 6).

Figura 6 - Descritor Equitatividade de Pielou (J') nos diferentes sítios e anos

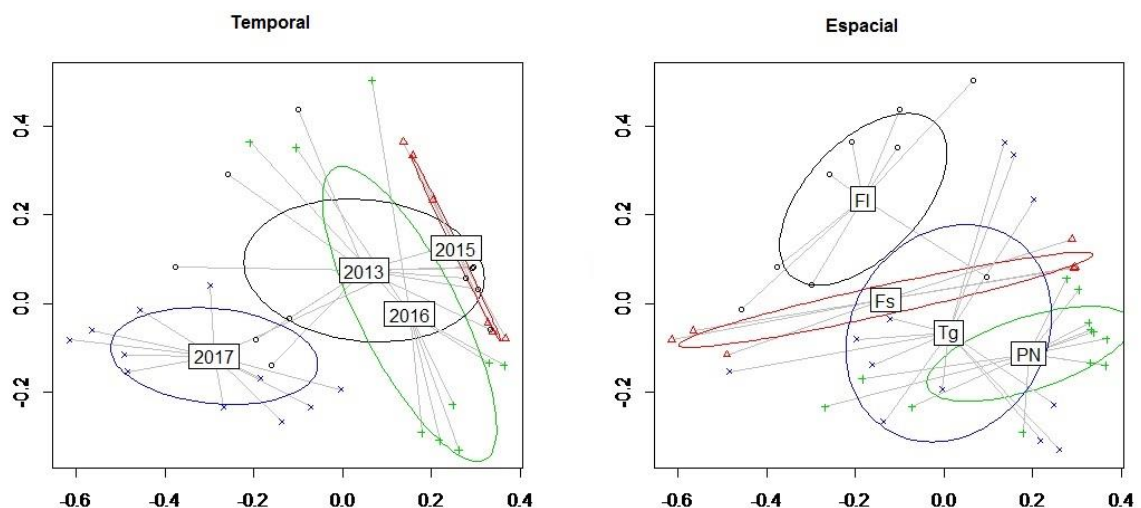


Fonte: Medeiros (2019).

As análises de coordenadas principais (PCoA) para a similaridade de Bray-Curtis mostram que a variância dos dados não é homogênea para ano e sítios amostrais (Figuras 7 e 8). Há grandes semelhanças entre Farrilhões e Ponta Norte em 2013 e 2015, Ponta Norte e Tartarugas em 2016 (Figura 8). Farol é um ponto que se distancia mais dos outros independentemente do ano de amostragem (Figuras 7 e 8), formando um grupo, com exceção de 2017. Inclusive a expedição de 2017 é a que menos se assemelha com as outras, formando um grupo único e apenas Tartarugas de 2013 se assemelha mais com esse ano em comparação aos demais. Assim, essas análises nos mostram que 2017 o elemento temporal foi mais predominante, porém, nos outros anos houve organização espacial (Figura 8), demonstrando que esses dois aspectos, temporal (ano) e espacial (sítio amostral) possuem importância para explicar a distribuição da biota bentônica, controlando a estrutura do bentos na ilha e confirmando o teste PERMANOVA que mostrou diferença significativa entre esses dois fatores (Tabela 3).

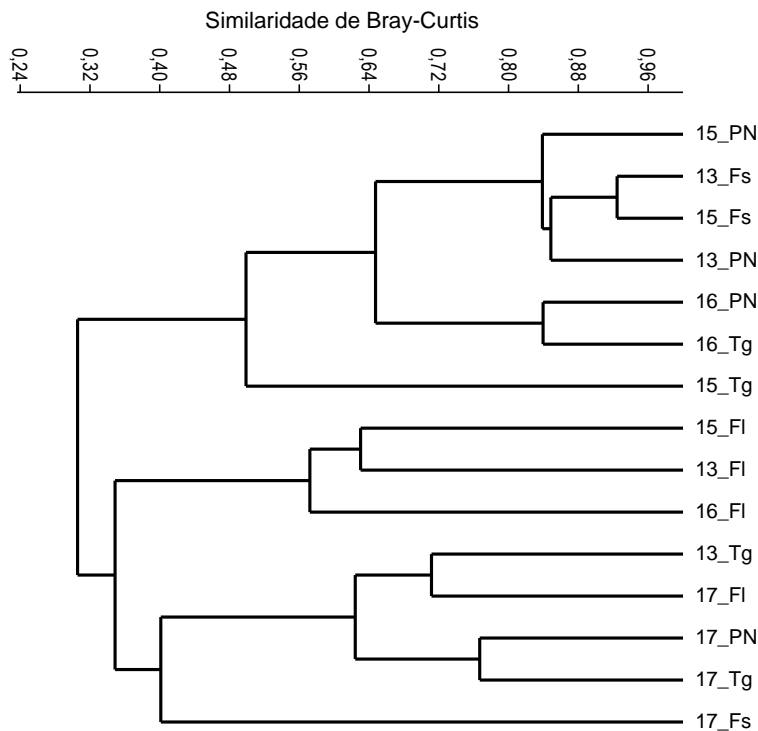
Foi realizado cálculo da correlação de Pearson entre as porcentagens de cobertura de algas calcárias crostosas e pastadores, que apresentou o coeficiente de 0,65549 e  $p=0,0079$ .

Figura 7 - Variâncias multidimensionais dos dados de cobertura das transecções/profundidades, mostradas por meio de PCoA para os fatores analisados (Fl = Farol; Fs = Farrilhões; PN = Ponta Norte; Tg = Tartarugas)



Fonte: Medeiros (2019).

Figura 8 - Dendrograma de análise de agrupamento por similaridade de Bray-Curtis para os sítios e anos (13 = 2013; 15 = 2015; 16 = 2016; 17 = 2017; FI = Farol; Fs = Farrilhões; PN = Ponta Norte; Tg = Tartarugas)



Fonte: Medeiros (2019).

A seguir a estrutura e a dinâmica temporal da comunidade bentônica de cada sítio será apresentada individualmente.

### Farol

Foi o sítio com maior riqueza da ilha, com 22 morfotipos registrados a partir de dados da expedição de 2013.

No ano de 2015 foi percebida uma redução na riqueza em 28%. Entre os táxons que não foram registrados nesse ano estão a alga calcária crostosa *Peyssonnelia* sp. e as macroalgas *Dictiopteris* sp. e *Dictyota* sp., sendo que em 2013 elas representavam juntas 17% da cobertura bentônica do Farol.

Nesse sítio as esponjas *Aiolochoiria crassa* e *Chondrilla nucula* e o coral *Mussismilia hispida* foram registrados apenas na primeira expedição (2013).

Em 2016 a riqueza manteve-se constante com o mesmo número de táxons (16) registrados em 2015, o que não significa que não tenha apresentado diferenças na

composição, já que as algas calcárias crostosas *Jania* sp. e *Amphiroa* sp. não foram registradas em 2016. No lugar delas foram registradas duas macroalgas: *Neomeris annulata* e uma chlorophyta não identificada.

Farol apresentou aumento da riqueza para 19 espécies na expedição de 2017, inclusive um dos táxons que colaborou para isso foi a alga calcária crostosa *Peyssonnelia* sp., que apesar de não ter sido registrada em dois anos consecutivos (2015 e 2016), voltou a aparecer nos fotoquadrados desse sítio em 2017, representando a maior porcentagem de cobertura para esse ano.

A abundância relativa variou nos dois primeiros anos de monitoramento. As macroalgas tiveram maior cobertura com 53,3% em 2013 e 37% em 2015, seguido por algas calcárias crostosas com 28% em 2013 e 33,8% em 2015 e *turf* com 16% em 2013 e 26% em 2015.

Em 2016 as macroalgas continuaram sendo o principal grupo em termos de abundância, com 47,5% de cobertura biótica, porém o grupo morfofuncional *turf* registrou leve aumento (28,4%), ultrapassando as algas calcárias crostosas, que com grande queda foram responsáveis por apenas 12% da cobertura, igualando-se às cianobactérias, grupo que registrou baixa abundância nos outros anos, variando entre 1,5 e 2% nesse sítio amostral.

Para o ano de 2017, foi registrado aumento na cobertura de algas calcárias crostosas (42%) e queda da cobertura de macroalgas (35%), sendo juntos os grupos morfofuncionais responsáveis por quase 80% do total da cobertura biótica local. O grupo *turf* apresentou cobertura de 19,8%.

Na análise a menores níveis taxonômicos (Figura 9), podemos destacar a espécie *Canistrocarpus cervicornis* (23% em 2013, 32% em 2015, 37% em 2016 e 10% em 2017) e os táxons *Amphiroa* sp. (10,6% em 2013), *Caulerpa* sp. (10% em 2017) e *Jania* sp. (10,6% em 2017) como principais responsáveis por esse percentual da cobertura de macroalgas.

Em relação à abundância de algas calcárias crostosas, houve a predominância de uma alga calcária não identificada (13% em 2013, 29% em 2015 e 10,6% em 2017) e *Peyssonnelia* sp. (6,5% em 2013 e 21% em 2017). Na expedição de 2017 a espécie *Mesophyllum erubescens* representou 7% da abundância total biótica, contribuindo para o aumento desse grupo morfofuncional nesse ano.

Nesse sítio os grupos suspensívoros e pastadores alcançaram juntos apenas 1% de abundância nos dois primeiros anos de monitoramento, sofrendo grande queda em

2016 (0,25%) seguido de crescimento para 0,75% em 2017. As maiores contribuições foram de *Echinometra lucunter*, *Diadema antillarum* e um porífero incrustante não identificado. Em 2013, ainda foram registradas as espécies de esponja *Aiolochoia crassa* e *Chondrilla nucula* e em 2017 o táxon *Clathria* sp.

Apenas nos anos de 2013 e 2017 foram registrados corais nesse sítio, representados pelas espécies *Mussismilia hispida* (0,2%) e *Siderastrea stellata* (0,06%) respectivamente.

### **Farrilhões**

Esse sítio apresentou o menor número de táxons, sendo registrados 15 em 2013, ano de maior riqueza. Também foi o sítio com segunda menor queda da riqueza (atrás de Ponta Norte) durante os anos de monitoramento, com diminuição de 20% em 2015. Em 2017 quase recuperou a riqueza de 2013, com 14 táxons registrados. Vale lembrar que esse sítio não foi amostrado em 2016.

O padrão observado de cobertura do substrato foi constante durante os dois primeiros anos de monitoramento (2013 e 2015). Nessas expedições, o substrato fotografado desse sítio apresentou 58,2% e 58,9% de macroalgas e 36,4% e 36,9% de *turf*.

Em 2013, 38,4% das macroalgas corresponderam ao gênero *Caulerpa* e 12,7% à espécie *Canistrocarpus cervicornis*. Em 2015 o gênero *Caulerpa* aumentou para 42%, enquanto a espécie *Canistrocarpus cervicornis* sofreu queda, registrando 8,7% (Figura 9).

Em 2017 houve aumento de *turf* para 43,5% da cobertura total amostrada. Também houve uma substituição na abundância de macroalgas que sofreram queda para 8,2%, por algas calcárias crostosas que aumentaram para 39,6% de cobertura.

Do percentual de algas calcárias crostosas, 18% foi de contribuição de *Peyssonnelia* sp., 12,6% de uma alga calcária crostosa não identificada e 7,3% de *Mesophyllum erubescens*.

Houve ausência de *Caulerpa* sp. em 2017 para esse sítio, apesar do táxon estar presente em todos os anos e sítios amostrados e em praticamente todas as faixas de profundidade, com exceção de algumas profundidades do sítio Farol.

Nesse ano também foi possível verificar que existe uma clara inversão nas abundâncias com o aumento de profundidade, sendo que o *turf* predomina na faixa mais rasa (4m) com 68,9% enquanto na faixa mais profunda amostrada (15m) as algas calcárias crostosas são as mais abundantes, com 54,5% da cobertura. Desse percentual, cerca de 25% corresponde a *Peyssonnelia* sp, 14,5% da alga calcária crostosa não identificada já citada e 11% de *Mesophyllum erubescens*.

Vale ressaltar que o percentual de cobertura de coral foi baixo nos quatro sítios amostrados da ilha, e Farrilhões foi o que registrou maior porcentagem de cobertura, chegando a 2,4% em 2015, ano que apresentou maior cobertura de corais durante o monitoramento.

Os corais registrados para esse sítio foram *Mussismilia hispida*, *Siderastrea stellata* e *Montastraea cavernosa* e suas abundâncias oscilaram no período analisado.

Com menor abundância, entre 0,6 e 1,6%, a esponja *Verongula gigantea* foi a única espécie de suspensívoro registrada em Farrilhões em todos os anos amostrados (2013, 2015 e 2017). Nenhuma espécie do grupo pastadores foi identificada nas amostragens desse sítio, exceto em 2017, quando foram registradas as espécies *Echinometra lucunter* (0,12%) e *Diadema antillarum* (0,13%).

Em 2017 também houve substancial aumento de cianobactérias para cerca de 7% da cobertura, sendo que esse grupo apresentou porcentagens bem menores nos outros anos.

### **Ponta Norte**

Foi registrado um total de 16 táxons na expedição de 2013 e assim como nos demais sítios houve redução da riqueza nos anos de 2015 (13 táxons) e 2016 (11 táxons) em Ponta Norte também. Dois táxons, *Diadema antillarum* e uma Chlorophyta não identificada, não foram mais registrados nesse sítio nas expedições seguintes (2015, 2016 e 2017).

Em 2016, foi observado nesse sítio amostral o menor número de morfotipos de todo o monitoramento, quando táxons como *Dictyota* sp., *Halimeda discoidea* e uma alga calcária crostosa não identificada não foram registradas. Esses táxons também não foram registrados em 2017, porém, nessa expedição houve aumento da riqueza (12), quando os táxons *Jania* sp. e *Amphiroa* sp. foram registrados pela primeira vez em Ponta Norte nesse monitoramento.

A cobertura bentônica do substrato fotografado nesse sítio teve oscilação temporal na porcentagem dos grupos mais abundantes, sendo que em 2013, macroalgas (48,6%) e *turf* (40,3%) foram os grupos morfofuncionais mais abundantes, porém o percentual de *turf* sofreu queda contínua nas amostragens das expedições seguintes, chegando a 16% em 2017.



Na expedição de 2015, quase metade (46,7%) dos fotoquadrados apresentaram areia e rocha exposta. Mesmo com essa diminuição de cobertura biótica, as macroalgas e o *turf* foram os mais abundantes.

Ao contrário do *turf*, as macroalgas apresentaram aumento gradual nas expedições de 2015 e 2016, com 54,7% e 67,2% respectivamente. Em nível de gênero, a macroalga *Caulerpa* foi quem predominou, com 40,9% em 2013, 50,8% em 2015 e 65,4% em 2016 (Figura 9).

Em 2017 as macroalgas também sofreram queda, o grupo registrou 45,3%, sendo que a abundância da macroalga *Caulerpa* sp. diminuiu para 15,4%, abrindo espaço para macroalga calcária articulada *Jania* sp., que não havia sido registrada ainda nesse sítio e apresentou 29,5% de cobertura nessa expedição.

As algas calcárias crostosas registraram menos de 10% da cobertura bentônica nos primeiros anos de monitoramento, mas aumentaram sua cobertura para 36,8% do total em 2017. As maiores contribuições para a expansão desse grupo vieram do aumento de *Peyssonnelia* sp. (19,7%) e *Mesophyllum erubescens* (13%).

Assim como em Farrilhões, na Ponta Norte a espécie *Verongula gigantea* foi registrada em todas as expedições, chegando em 2015 a 2,6% da abundância total.

A ocorrência de coral nesse sítio amostral foi registrada apenas em 2015, com 0,5% de *Montastraea cavernosa* e 0,7% de *Mussismilia hispida*.

O grupo de cianobactérias não foi registrado nesse sítio em 2015 e teve seu percentual de cobertura variando entre 0,5 e 1,9% nos demais anos.

### **Tartarugas**

Este foi o segundo sítio amostral com maior riqueza, registrando 21 táxons na expedição de 2013, apenas um a menos que Farol. Além disso, foi o sítio que apresentou maior diminuição na riqueza nas expedições de 2015 e 2016, quando comparadas a 2013, com redução de 34% e 43% respectivamente. Assim como no sítio Ponta Norte, houve oscilação quanto às abundâncias dos grupos. De 2013 para 2015, houve uma substituição na abundância de algas calcárias crostosas por *turf*. A abundância relativa das algas calcárias crostosas sofreu redução de 95,4%, sendo que em 2013 o grupo representava 34,6% da cobertura biótica total, caindo para 1,6% em 2015. Com isso o grupo morfofuncional *turf* aumentou de 24,8% para 59,9% em 2015.

Em 2016 houve um pico na abundância de macroalgas (76,4%), e mais uma vez o gênero *Caulerpa* foi o responsável pela grande representatividade das macroalgas, com 76,2% do percentual desse grupo. Nessa expedição houve grande diminuição de *turf* (queda para 14,8%).

Na amostragem de 2017 a abundância das macroalgas caiu para 48,6% da cobertura e houve uma inversão de predominância, com queda de *Caulerpa* sp., registrando 18,5% e crescimento do gênero *Jania* sp. (28%), gênero esse que não havia sido registrado em 2015 e 2016 em três dos quatro sítios de amostragem, Tartarugas, Farrilhões e Ponta Norte (Figura 9).

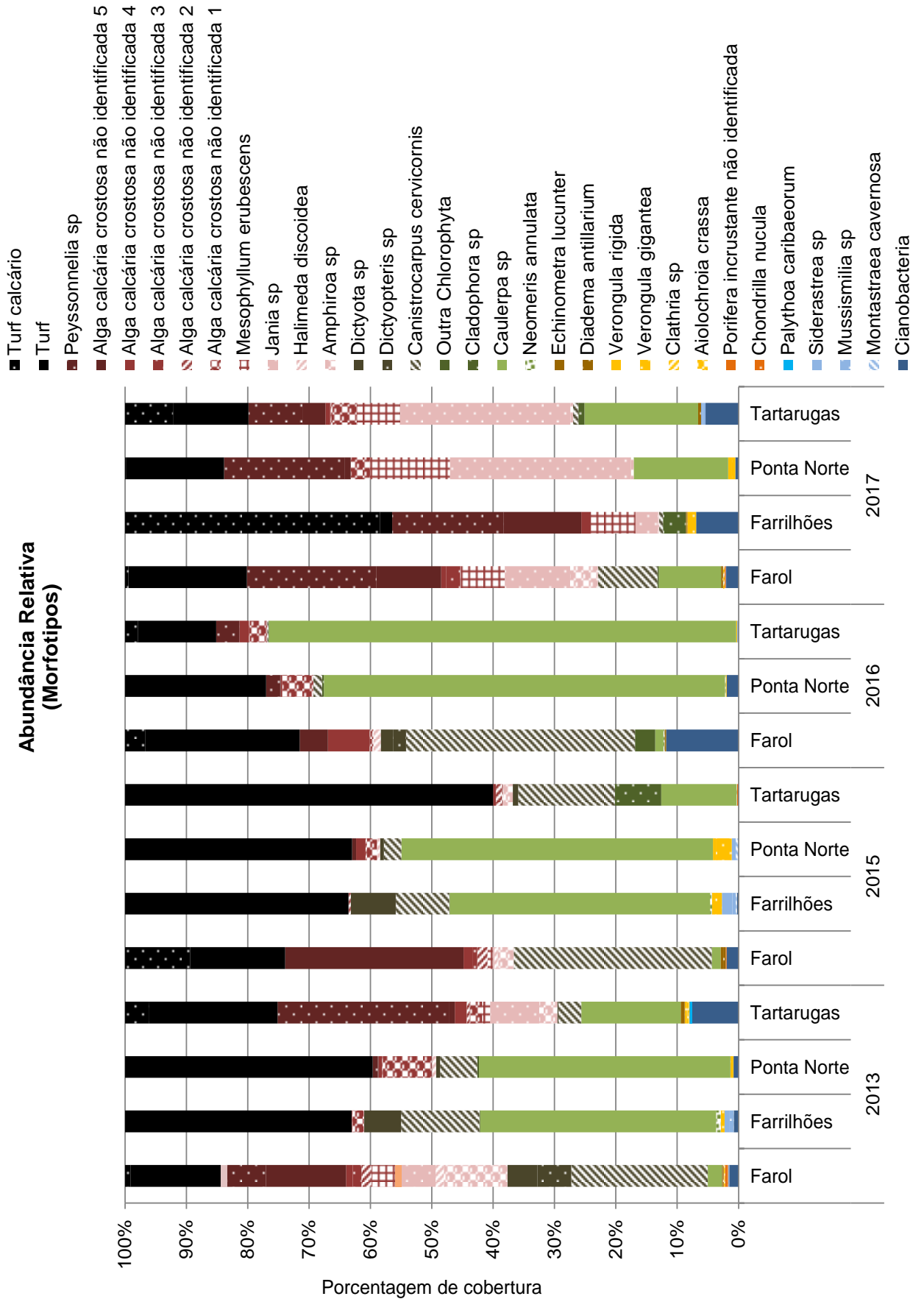
Houve acréscimo de representatividade do grupo morfofuncional de algas calcárias crostosas para cerca de 25% nessa expedição, com maiores contribuições de *Peyssonnelia* sp. (9%) e de *Mesophyllum erubescens* (7%). Outro grupo que apresentou acréscimo foi o *turf*, com aumento de 35% em relação a 2016, registrando 20% de abundância relativa em 2017 nesse sítio.

Apesar de baixa abundância geral de corais e Zoantharia, Tartarugas foi o sítio que apresentou maior frequência geral desses grupos nas amostragens, sendo o único ponto que os registrou em três expedições (2013, 2016 e 2017).

Em 2013 foi registrado 0,4% de cobertura de *Palythoa caribaeorum*, único momento em que essa espécie apareceu nas amostragens. Em 2016, foi possível observar o grupo coral apenas nesse sítio amostral, com 0,2% de *Siderastrea stellata*. Já em 2017, registrou 0,4% da espécie *Mussismilia hispida* e um aumento para 0,3% de *Siderastrea stellata*.

Em todos os anos do monitoramento houve registro de cianobactérias nesse sítio e, diferente dos demais sítios de amostragem, nesse o pico de cianobactérias ocorreu logo na primeira expedição (2013), com 7,6% de abundância, passando por redução nos dois próximos anos (0,55 e 0,59%) e aumento em 2017 (5,4%).

Figura 9 - Abundância relativa de espécies e gêneros registrados na ilha, analisada por ano e sítio amostral.



Fonte: Medeiros (2019).

## DISCUSSÃO

Os resultados corroboram a literatura, mostrando que no geral a comunidade bentônica da ilha da Trindade é dominada por macroalgas, turf e algas calcárias crostosas, com baixa abundância de corais, suspensívoros e outros invertebrados (AUED et al., 2018; OLIVEIRA, 1951; PEREIRA-FILHO et al., 2011).

Os táxons mais abundantes para Trindade como um todo foram *Caulerpa* sp., *Canistrocarpus cervicornis*, *Jania* sp, *Peyssonnelia* sp. e uma alga calcária crostosa não identificada, sendo o resultado consistente com a literatura pré-existente (SISSINI et al. 2017; VILLAÇA et al. 2006; YONESHIGUE-VALENTIN et al., 2005).

A espécie *C. cervicornis* foi a mais abundante em 2015 e *Caulerpa* sp em 2016. Ambas as espécies aparecem em todos os sítios e em quase todos os anos, exceto na expedição de 2017, quando não foi registrada *Caulerpa* sp. em Farrilhões e *C. cervicornis* em Tartarugas. Também foi registrada grande redução na abundância geral dessas duas macroalgas nos outros sítios em 2017. Os dados da NOAA mostram que nesse ano a superfície do mar registrou anomalias térmicas negativas na região da ilha da Trindade, com oscilações entre 0 e -1.5 °C a partir de março daquele ano até as datas da expedição, podendo ter influenciado na queda da abundância de ambas, já que se tratam de macroalgas que possuem afinidades tropicais, estando mais associadas a regiões de águas mais quentes (GUIMARAENS; COUTINHO, 1996).

Em todos os anos de monitoramento, *C. cervicornis*, macroalga foliácea de crescimento rápido e resistente à herbivoria (LITTLER; LITTLER; TAYLOR, 1983), registrou suas maiores abundâncias no sítio Farol, situado no setor menos energético da ilha, sofrendo com grandes ondulações somente em tempestades mais fortes (CALLIARI et al., 2017).

As algas calcárias articuladas, subgrupo de macroalgas, são encontradas em comunidades consideradas mais estáveis, com alta produtividade e baixo grau de distúrbio (FIGUEIREDO; BARRETO; REIS, 2004) e possuem crescimento lento (JOHANSEN, 1981), por isso muitas vezes são tidas como colonizadoras tardias na sucessão ecológica (CONNELL; SLATYER, 1977). Entretanto, em Trindade, não foi possível observar preferência por substratos com pouco distúrbio, seja biológico ou físico, já que as abundâncias das espécies e do subgrupo como um todo oscilaram bastante entre sítios e anos, independente dos sítios estarem em setor mais ou menos energético da ilha.

Essas macroalgas costumam estar distribuídas em áreas mais rasas e quentes que as algas calcárias não articuladas/crostosas (LITTLER; LITTLER, 2013), porém foi um dos grupos que sofreram redução na abundância em 2015 e 2016, anos que registraram anomalias térmicas positivas da água do mar devido à ocorrência do evento climático Oscilação Sul El Niño (ENSO - El Niño Southern Oscillation), mais conhecido somente como “El-Niño”. O subgrupo também teve grande aumento de abundância em 2017, ano no qual a temperatura média do mar na região registrou queda. Isso pode ter ocorrido devido ao aumento de cobertura de macroalgas nos anos de anomalia térmica positiva (2015 e 2016) e da diminuição na abundância desse mesmo grupo no ano de anomalia térmica negativa (2017), já que os principais representantes do grupo macroalgas possuem afinidades tropicais (GUIMARAENS; COUTINHO, 1996).

Em 2017, as algas calcárias crostosas também tiveram um grande aumento, 35,8 % de cobertura contra 9,3% na expedição anterior, em 2016, ano em que a temperatura da água estava um pouco acima da média na região (entre 0 e 0,5°C).

As algas calcárias crostosas possuem grande função ecológica, pois disponibilizam substrato para outros organismos, permitindo a construção de ambientes recifais, logo são consideradas um dos principais grupos biocontrutores (SISSINI et al., 2017) inclusive podendo, em alguns casos, facilitar o recrutamento de corais (JOHNS et al., 2018; O’LEARY et al., 2013). Além de ajudarem na produtividade, também são mais resistentes a impactos físicos, como batimento de ondas, ajudando a proteger a linha de costa (LITTLER; LITTLER, 2013).

A temperatura pode ter influenciado na queda de abundância das macroalgas *Caulerpa* sp. e *C. cervicornis* o que pode ter contribuído para o aumento das algas calcárias crostosas, porém outra condição que pode ter influenciado nesse aumento é a herbivoria. Alguns estudos apontam um crescimento desse grupo morfofuncional em locais onde existe pressão por herbivoria, que limita o estabelecimento de macroalgas e promove o estabelecimento desse grupo, sugerindo a importância do efeito top-down nesses ambiente (LONGO et al., 2015; RASHER et al., 2012; STENECK; DETHIER, 1994).

Ainda que grande parte da ictiofauna na ilha fique associada ao bentos de menor profundidade e locais caracterizados por algas calcárias crostosas (PEREIRA-FILHO et al., 2011), essa fauna tem maior abundância de onívoros e menor de herbívoros (GASPARINI; FLOETER, 2001; MEIRELLES et al., 2015; PINHEIRO et al., 2015) podendo sugerir que não são os responsáveis por controlar a comunidade de produtores. Porém, peixes herbívoros são considerados espécies-chave em redes tróficas de recifes tropicais e além da abundância,

outro elemento importante para estabelecer ligações tróficas é a diversidade desses consumidores e se causa ou não redundância funcional no local (RASHER; HOEY; HAY, 2013).

Outros organismos que podem exercer controle por herbivoria em algas são algumas espécies de Echinodermata, tratados aqui como grupo morfofuncional pastadores. O presente estudo registrou apenas duas espécies de Echinodermata: *Echinometra lucunter* e *Diadema antillarum*, porém o grupo já foi contabilizado com quase 20 espécies na ilha da Trindade (MARTINS et al., 2018).

Foi possível observar que nos anos de 2013 e 2017 houve maior abundância desses ouriços, assim como de algas calcária crostosas, sugerindo relação entre eles. O cálculo de correlação de Pearson registrou correlação positiva (0,65549) com valor de  $p = 0,0079$ . No entanto, não é possível inferir que os ouriços ajudaram de fato no crescimento das algas crostosas, pois segundo O'Leary e McClanahan (2010), apesar de no curto prazo a herbivoria indiretamente beneficiar o crescimento de alga calcária crostosa devido à remoção de macroalga, a longo prazo ouriços e alguns peixes afetam diretamente de forma negativa nesse crescimento, por meio da bioerosão que causam.

Provavelmente, o tempo desse estudo ainda não é suficiente para estabelecer e responder esse tipo de questão (O'LEARY et al., 2013), já que algas calcárias possuem crescimento lento (JOHANSEN, 1981), podendo essa correlação ser totalmente espúria. Além disso, não foram realizados experimentos com objetivo de estudar herbivoria, como por exemplo, com uso de gaiolas, o que possibilitaria inferir com mais segurança sobre a relação ouriços vs. algas calcárias crostosas (e.g. BURKEPILE; HAY, 2011; MÖRK et al., 2009; WORM; LOTZE, 2006).

O segundo grupo com maior percentual de abundância da comunidade bentônica da ilha da Trindade foi o grupo *turf*, com exceção do ano de 2017, quando houve grande aumento de algas calcárias crostosas substituindo as macroalgas, assim o *turf* se tornou o terceiro grupo mais abundante. Esse grupo teve sua maior abundância registrada (40%), no ano de 2015, quando a superfície da água do mar começou a apresentar aumento na temperatura devido ao El-Niño, porém sofreu queda em 2016, liberando espaço para macroalgas. É importante lembrar que a expedição de 2016 foi atípica, realizada no fim do outono e começo de inverno (entre fim de maio e fim de junho) diferente das outras expedições que sempre foram realizadas no inverno ou no máximo no início de primavera (entre os meses de julho e setembro), o que pode ter influenciado nessa diminuição de abundância, já que o *turf* é considerado um grupo de crescimento rápido e mais resistente que

macroalgas e essa oscilação demonstra esse comportamento oportunista, de permanência efêmera e sazonal, já descrito em outros estudos, (CONNELL; FOSTER; AIROLDI, 2014; RASHER et al., 2012).

Nesses anos de ocorrência do El-Niño (2015 e 2016) também foi registrado aumento de porcentagem de areia e cascalho nos fotoquadrados analisados. Em lugares com maior hidrodinamismo, como Tartarugas e Farrilhões, essa porcentagem foi menor comparando com Ponta Norte e Farol, sítios localizados em áreas menos energéticas da ilha, onde o acúmulo de areia é facilitado.

Os corais apresentaram grande queda na abundância registrada no ano de 2016, 94% do que foi apontado em 2015, com abundância de 0,17% em apenas um sítio (Tartarugas). A única espécie registrada nessa expedição (2016) foi a *Siderastrea stellata* que é conhecida por ter menor exigência ecológica e ser mais resistente a variações de temperatura, salinidade e turbidez da água (COSTA; AMARAL; SASSI, 2001; LEÃO; KIKUCHI; TESTA, 2003). Essa espécie foi a mais abundante do grupo dos corais no geral e em todos os anos, exceto em 2017 quando registrou média de abundância geral de 0,09%, sendo um pouco menor e aproximada a de *Mussismilia hispida* (0,11%).

Ambas as espécies são endêmicas do Brasil, possuem grande distribuição pela costa e já foram documentadas na ilha da Trindade (ALMEIDA, 2006; MEIRELLES et al., 2015; PEREIRA-FILHO et al., 2011). Porém mesmo sendo resistente, a espécie *Siderastrea stellata* foi a primeira espécie de coral afetada por doenças no Atol das Rocas e Fernando de Noronha em 2010 (FERREIRA et al., 2012). Também foi a terceira espécie mais afetada por branqueamento em 1998 após anomalias térmicas de 1°C acima da média causadas pelo El-Niño, apenas 0,5°C a mais da anomalia registrada em 2016 (LEÃO; KIKUCHI; TESTA, 2003).

Essas oscilações nas abundâncias já baixas dos organismos do grupo Coral, porém, pode ter ocorrido devido a amostragem não ter sido realizada exatamente no mesmo lugar, já que as marcações das transecções foram perdidas impossibilitando encontrar as mesmas transecções realizadas nos outros anos.

Nas análises de agrupamento de Bray-Curtis, a expedição de 2017 foi o que menos se assemelhou com as outras e formou um grupo separado na análise. Apresentou maior diversidade e maior relação entre os sítios, talvez devido à anomalia térmica negativa, o que pode ter favorecido a grande diminuição na cobertura das macroalgas e o consequente aumento na abundância das algas calcárias crostosas. Apenas o sítio Tartarugas de 2013 se

assemelhou a essa expedição, provavelmente por apresentar a segunda maior equitatividade de 2013 e a quinta maior equitatividade do monitoramento.

O sítio Farol formou um grupo (anos 2013, 2015 e 2016), provavelmente por registrar a maior abundância de *C. cervicornis* em todos os anos. Apesar da comunidade bentônica dos sítios Farrilhões, Ponta Norte e Tartarugas se assemelharem nas três primeiras expedições, são sítios que apresentam topografia e hidrodinamismo diferentes, o segundo com menos batimentos de ondas, por exemplo, o que mostra que não são apenas esses fatores sozinhos que determinam a distribuição e abundância dos organismos na ilha.

Inclusive, comunidades tropicais compostas predominantemente por algas, como em Trindade, são mais dinâmicas, pois esses organismos mudam sazonalmente e o ideal nesses casos são estudos temporais de longo prazo e maior frequência de amostragem, já que a curto prazo os padrões podem não ser evidentes ou mesmo levar a conclusões precipitadas (BLANCHARD, 2015; STENECK; DETHIER, 1994).

Excetuando 2017, não houve grande variação temporal da abundância para grupos morfofuncionais, porém houve flutuações espaciais mais acentuadas, assim como flutuações espaço-temporais para menores níveis taxonômicos analisando sítios amostrais e anos. No entanto, aparentemente não há padrão evidente que possa ser explicado através do tipo de topografia, origem de substrato e hidrodinamismo dos sítios estudados, pois houve oscilações na abundância e alternância de predominância entre as espécies em todos sítios e anos.

As comunidades das diferentes profundidades amostradas não apresentaram diferenças significativas como os sítios e anos. Isso pode ter ocorrido devido à área de estudo, pois se trata de região oceânica onde a coluna d'água apresenta grande homogeneidade e transparência, principalmente na pouca diferença de profundidade amostrada, já que o máximo analisado foi de 15 metros. Além da pouca diferença de profundidade entre as transecções realizadas, sendo que no geral variaram entre 1 e 5 metros de espaçamento, mas com a maioria sendo realizada com 2 metros de espaçamento, não sendo possível captar oscilações maiores na comunidade bentônica.

Do mesmo modo, outros estudos do bentos não apresentaram diferenças significativas entre profundidades analisando esse mesmo gradiente (ou bem parecido), evidenciando que a comunidade analisada até a profundidade de 20 metros é muito similar entre si, mostrando transição (zonação), apenas entre as profundidades de 20 a 40 metros (AUED et al., 2018; MAGALHÃES et al., 2015; PEREIRA-FILHO et al., 2011)

Assim como a ilha da Trindade, o Atol das Rocas e Fernando de Noronha também apresentam grande porcentagem de *turf* e sedimento na cobertura geral de substrato. No Atol



das Rocas e no ASPSP o grupo *turf* é o que tem maior percentual de cobertura entre os 0 e 20 metros de profundidade (LONGO et al., 2015; MAGALHÃES et al., 2015), diferente da ilha da Trindade, onde o *turf* é o segundo ou terceiro grupo mais abundante, dependendo do ano.

A comunidade bentônica dos montes submersos da CVT podem ser considerados outros tipos de sistemas, já que são mesofóticos por exemplo, porém também registram grande abundância de macroalgas e algas calcárias crostosas e pouca abundância de corais e esponjas, semelhante ao que ocorre na ilha (MEIRELLES et al., 2015).

Todo o conjunto das quatro ilhas oceânicas brasileiras se assemelha em termos de cobertura bentônica. Alternando ocasionalmente os grupos mais abundantes, a diversidade e a riqueza, mas de uma forma geral as ilhas compartilham vários táxons em comum, como *Siderastrea stellata*, *Mussismilia hispida*, *Caulerpa* sp., *Canistrocarpus cervicornis*, *Amphiroa* sp., *Jania* sp., *turf*, algas calcárias crostosas entre outros que apareceram com menor abundância na ilha da Trindade (AMADO-FILHO et al., 2012; ESTON et al., 1986; LONGO et al., 2015; MAGALHÃES et al., 2015; MEIRELLES et al., 2015).

Vários fatores podem influenciar no número de espécies presentes em uma ilha. Entre eles estão o tempo de isolamento e a distância do continente ou de outras ilhas o que facilita a conectividade, ou não, dado que a distância e a riqueza são inversamente proporcionais, da mesma forma que a distância e o endemismo são diretamente proporcionais. A distância também afeta no acesso e logística, o que facilita ou dificulta seu estudo. Outro fator é sua topografia e geomorfologia, que interfere no hidrodinamismo, assim como a área total de plataforma, pois conforme aumenta a área aumenta também o número de espécies (MACARTHUR; WILSON, 1963).

Localização latitudinal e correntes também tem influência, não só no número de espécies, mas na diversidade em geral do local. Por exemplo, a ilha da Trindade está localizada em área de transição latitudinal, onde recebe influências de correntes de águas quentes vindas do nordeste brasileiro e de águas frias vindas do sul e sudeste, fazendo com que tenha diversidade e apresente organismos de ambas as regiões (AUED et al., 2018). Desse modo, ilhas oceânicas costumam ser um mosaico e registram uma biota com padrões de afinidade com diversas regiões geográficas. No caso da ilha da Trindade, por ser isolada e mais nova que a plataforma continental sul americana e africana, é composta por espécies endêmicas, mas também por espécies que migraram das duas plataformas (TAVARES; MENDONÇA, 2017).

Portanto várias espécies que estão em Trindade, inclusive os táxons registrados no presente trabalho, também são encontradas na costa brasileira, independentemente se são

espécies representantes da fauna ou da flora (GUIMARAENS; COUTINHO, 1996; HORTA et al., 2016; LEÃO et al., 2010; YONESHIGUE-VALENTIN et al., 2005).

Segundo Aued et al. (2018), a costa brasileira também apresenta grande abundância de *turf* e locais mais distantes como a ilha da Trindade registram maior cobertura de macroalgas que a região costeira. Apenas a costa do Rio Grande do Norte se assemelhou com a ilha da Trindade, com o Parcel de Manuel Luís e com Fernando de Noronha, pois apresentou menores coberturas de *turf*. Esse pesquisadores (AUED et al., 2018), assim como Leão et al. (2010) registraram para região costeira os mesmos corais identificados em Trindade. Apesar dessas semelhanças entre a costa e a ilha da Trindade, ainda assim, a comunidade bentônica de Trindade se assemelha mais com Atol das Rocas e Fernando de Noronha (PEREIRA-FILHO et al., 2011).

Em Trindade foram encontradas, no geral, poucas espécies para cada grupo funcional (baixa redundância), o que pode diminuir a resiliência do ambiente. Além disso, o alto grau de similaridade entre as ilhas oceânicas brasileiras tornam a criação de políticas públicas adequadas à suas conservação ainda mais necessárias (BURKEPILE; HAY, 2011; RICHARDSON et al., 2018).

Assim, é fundamental considerar aspectos como a resiliência para a tomada de decisões que visem um melhor manejo e proteção dos recifes (MCLEOD et al., 2019). A liberação de pesca de herbívoros, mineração (GIGLIO et al. 2018) ou turismo sem fiscalização adequada, por exemplo, tem impacto negativo na cobertura de corais mesmo em ecossistemas resilientes (LEÃO; KIKUCHI; TESTA, 2003; MUMBY et al., 2016). Dessa forma, as ilhas oceânicas seriam ainda mais sensíveis a quaisquer impactos relacionados à exploração de recursos naturais, vivos ou não.

Na ilha da Trindade, onde o turismo não é permitido e não há infraestrutura para tal, o ecossistema local já sofreu sérios impactos ambientais devido a ações antrópicas, seja através da pesca ou da tentativa de colonização durante sua história (CASTRO, 2010; GIGLIO et al. 2018).

Ainda segundo Castro (2010), como a ilha tem importância ambiental e estratégica, deve-se analisar com cuidado tais alterações que o local já sofreu e pode continuar sofrendo, tanto com impactos antrópicos diretos como os citados ou impactos causados por mudanças climáticas globais. Importante lembrar que o manejo do local por si só pode não ser suficiente para a conservação diante das crescentes ameaças dessas mudanças globais (SOARES, 2018), porem áreas de proteção marinhas quando bem administradas podem contribuir muito com a preservação (HUGHES et al., 2003).

As mudanças climáticas abrangem mudanças no nível do mar, fazendo com a planície costeira voltada para o nordeste da ilha, incluindo o sítio Tartarugas, seja mais afetada (CASTRO, 2010). Além do nível do mar, estudos já alertam que o aumento de temperatura associado à diminuição de pH contribuem para branqueamento de corais (FERREIRA et al., 2012) e queda de abundância de algas calcárias crostosas (CROOK et al., 2016). Como exemplo, a anomalia térmica registrada em 2015/2016 trouxe prejuízos em diversas regiões do planeta (BARKLEY et al., 2018; HUGHES et al., 2018), podendo também colaborar para uma mudança de fase nesses recifes afetados (JOHNS et al., 2018).

Hughes (2018) diz que se continuarmos com esse ritmo de mudanças não será possível recuperar esses recifes, pois mesmo as espécies que crescem mais rápido demorariam cerca de 10 anos para se recuperar a partir de novos recrutamentos, tempo muito longo frente a anomalias térmicas cada vez mais constantes. Portanto, cada vez mais se faz importante a implantação de políticas públicas para conservação desses ambientes.

## CONCLUSÃO

Corroborando os poucos levantamentos prévios, os resultados desse estudo apontam que na média geral, o predomínio na comunidade bentônica recifal da ilha da Trindade no período analisado é de macroalgas (48,3%), *turf* (29%) e algas calcárias crostosas (18,4%). Esses grupos mais abundantes mostraram distribuição espacial homogênea nos sítios estudados, exceto na análise em menor nível taxonômico, que registrou visíveis flutuações dos táxons mais abundantes e diferença significativa entre os sítios. Tal observação confirma a hipótese que afirma haver diferenças entre os sítios.

Também houve oscilação temporal, com diferença significativa entre os anos amostrados, tanto nas análises dos grupos morfofuncionais como para as análises nos menores níveis taxonômicos, corroborando a hipótese de que há diferenças temporais. A expedição de 2017 foi a que se mostrou menos similar, formando um único conjunto na análise de agrupamento, com maior abundância de algas calcárias crostosas. Além disso, foi observada uma mudança de dominância dentro do grupo de macroalgas, com a substituição da macroalga *Caulerpa* sp. pela macroalga calcária articulada *Jania* sp..

Não houve diferença significativa na distribuição da biota bentônica em diferentes profundidades amostradas refutando a hipótese de que a distribuição dos organismos seria afetada pela batimetria nesta escala.

Para melhor explicar as interações entre os organismos bentônicos, assim como o que as desencadeiam e o que acarretam é necessária a continuação do presente monitoramento, incluindo novas abordagens e metodologias, para responder questões que só podem ser elucidadas em longo prazo. Também é importante integrar análises de parâmetros físico-químicos e padronização nos estudos para possíveis comparações, isso auxilia para conhecer e compreender melhor a resiliência e o comportamento da comunidade bentônica insular oceânica brasileira no geral.

Esse estudo é interanual, não sendo possível inferir através dele sobre alguns aspectos que ocorrem em tempos maiores, porém, é o começo de um longo monitoramento, uma primeira peça para ser encaixada e usada como ponto de partida e embasamento para a investigação e pesquisa nas comunidades bentônicas nas ilhas oceânicas brasileiras.

## REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. DE. Geologia E Petrologia Da Ilha De Trindade. p. 249, 1961.
- ALMEIDA, F. F. M. DE. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil: Ilha de Trindade - Registro de vulcanismo cenozóico no Atlântico Sul. **Sigep**, p. 369–377, 1995.
- ALMEIDA, F. F. M. DE. ilhas oceânicas. **Terrae Didatica**, v. 2, p. 3–18, 2006.
- ALMEIDA, F. F. M. Geologia E Petrologia Da Ilha De Trindade. p. 249, 1961.
- ALVES, R. J. V. Ilha da trindade & Arquipélago Martin Vaz. Um ensaio geobotânico. p. 144, 1998.
- AMADO-FILHO, G. M. et al. Occurrence and distribution of rhodolith beds on the Fernando de Noronha Archipelago of Brazil. **Aquatic Botany**, v. 101, p. 41–45, 2012.
- ANGULO et al. Quaternário e Paleoníveis Marinhos na Ilha da Trindade. In: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **PROTRINDADE: Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade - 10 anos de pesquisas**. Brasília: SECIRM, 2017. p. 200.
- AUED, A. W. et al. Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province. **PLoS ONE**, p. 1–15, 2018.
- BACCHIOCCHI, F.; AIROLDI, L. Distribution and dynamics of epibiota on hard structures for coastal protection. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 56, n. 5-6, p. 1157–1166, abr. 2002.
- BARBOSA, F. A. R. Uma Breve História do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD–CNPq) do Brasil: da Semente ao Fruto. In: TABARELLI, M. et al. (Eds.). . **PELD - CNPq Dez Anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: Achados, Lições e Perspectivas**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. p. 15–29.
- BARBOUR, M. T. et al. **Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers : Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish**. 2. ed. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1999.
- BARKLEY, H. C. et al. Repeat bleaching of a central Pacific coral reef over the past six decades (1960–2016). **Communications Biology**, v. 1, n. 1, p. 177, 2018.
- BARROSO, C. X. et al. A biogeographic approach to the insular marine “prosobranch” gastropods from the southwestern Atlantic Ocean. **Journal of Molluscan Studies**, v. 82, n. July, p. 558–563, 2016.
- BLANCHARD, A. L. Variability of macrobenthic diversity and distributions in Alaskan sub-Arctic and Arctic marine systems with application to worldwide Arctic Systems. **Marine Biodiversity**, v. 45, n. 4, p. 781–795, 2015.

BRASIL. Decreto n. 9.312, de 19 de mar. de 2018. **Área de Proteção Ambiental do Arquipélago de Trindade e Martim Vaz e o Monumento Natural das Ilhas da Trindade e Martim Vaz e do Monte columbia**, Brasília,DF, mar 2018.

BURKEPILE, D. E.; HAY, M. E. Herbivore vs. nutrient control of marine primary producers: context-dependent effects. **Ecology**, v. 87, n. 12, p. 3128–3139, 2006.

BURKEPILE, D. E.; HAY, M. E. Feeding complementarity versus redundancy among herbivorous fishes on a Caribbean reef. **Coral Reefs**, v. 30, n. 2, p. 351–362, 2011.

CALLIARI et al. As Praias da Ilha da Trindade. In: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **PROTRINDADE: Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade - 10 anos de pesquisas**. Brasília: SECIRM, 2017. p. 200.

CASTRO, C. B. E. et al. Filo Cnidaria. Corais. In: LAVRADO, H. P.; IGNACIO, B. L. (Eds.). . **Biodiversidade bentônica da região central da zona Econômica Exclusiva Brasileira**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. p. 147–192.

CASTRO, J. W. A. Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da Geologia Ambiental. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 3, p. 303–319, 2010.

COIMBRA, J. C.; CARREÑO, A. L. Richness and palaeo-zoogeographical significance of the benthic ostracoda (Crustacea) from the oceanic island of trindade and Rocas Atoll, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 15, n. 2, p. 189–202, 2012.

COLLING, A.; BEMVENUTI, C. Organismos Bentônicos. In: CALAZANS, D. (Ed.). . **Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas: Editora Textos, 2011.

CONNELL, J. H.; SLATYER, R. Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization Author ( s ): Joseph H . Connell and Ralph O . Slatyer Published by : University of Chicago Press for American Society of Naturalists Stable URL : [http: v. 111, n. 982, p. 1119–1144](http://v.111.n.982.p.1119-1144), 1977.

CONNELL, J. H. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs - High diversity of trees and corals is maintained only in a nonequilibrium state. **JSTOR**, v. 199, n. 4335, p. 1302–1310, 1978.

CONNELL, S. D.; FOSTER, M. S.; AIROLDI, L. What are algal turfs? Towards a better description of turfs. **Marine Ecology Progress Series**, v. 495, n. December 2015, p. 299–307, 2014.

COSTA, C. F. DA; AMARAL, F. D.; SASSI, R. **Branqueamento em Siderastrea stellata (Cnidaria, Scleractinea) da praia de Gaibu, Pernambuco, Brasil**. **Revista Nordestina de Biologia**, 2001.

COUTINHO, R.; ZALMON, I. R. O BENTOS DE COSTÕES ROCHOSOS. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Eds.). . **Biologia Marinha**. 2<sup>a</sup>. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009. p. 281–297.

CROOK, E. D. et al. Recruitment and succession in a tropical benthic community in response

to in-situ ocean acidification. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1–16, 2016.

CRUZ, I. C. S. et al. Evidence of a phase shift to *Epizoanthus gabrieli* Carlgreen, 1951 (Order Zoanthidea) and loss of coral cover on reefs in the Southwest Atlantic. **Marine Ecology**, v. 36, n. 3, p. 318–325, 2015.

ESPÍRITO, S. **Decreto de Lei nº 732 de 11 de setembro de 1953. Incorpora a Ilha de Trindade e o Arquipélago Martin Vaz.** Vitória Assembleia Legislativa, , 1953.

ESTON, V. R. DE et al. Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 34, p. 37–53, 1986.

FENBERG, P. B. et al. Biogeographic structure of the northeastern Pacific rocky intertidal: The role of upwelling and dispersal to drive patterns. **Ecography**, v. 38, n. 1, p. 83–95, 2015.

FERRARI, R. et al. Interaction of herbivory and seasonality on the dynamics of Caribbean macroalgae. **Coral Reefs**, v. 31, n. 3, p. 683–692, 2012.

FERREIRA, B. P. et al. The effects of sea surface temperature anomalies on oceanic coral reef systems in the southwestern tropical Atlantic. **Coral Reefs**, v. 32, n. 2, p. 441–454, 2012.

FIGUEIREDO, M. A. O.; BARRETO, M. B. B.; REIS, R. P. Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Parati, RJ - subsídios para futuros monitoramentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 1, p. 11–17, 1 mar. 2004.

FLOETER, S. R. et al. Atlantic reef fish biogeography and evolution. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 1, p. 22–47, 2008.

GASPARINI, J. L. **Ilha da Trindade e Arquipélago Martin Vaz: pedaços de Vitória no azul atlântico.** Vitória: Gráfica e Editora GSA, 2004.

GASPARINI, J. L.; FLOETER, S. R. The shore fishes of Trindade Island , western South Atlantic. **Journal of natural history**, v. 35, n. January, p. 1639–1656, 2001.

GIGLIO, V. J. et al. Large and remote marine protected areas in the South Atlantic Ocean are flawed and raise concerns: Comments on Soares and Lucas (2018). **Marine Policy**, v. 96, n. July, p. 13–17, 2018.

GILI, J. M.; COMA, R. Benthic suspension feeders: Their paramount role in littoral marine food webs. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 8, p. 316–321, 1998.

GOREAU, T. F. Calcium carbonate deposition by coralline algae and corals in relation to their roles as reef-builders. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 109, p. 127–67, 31 maio 1963.

GRIFFITHS, J. R. et al. The importance of benthic–pelagic coupling for marine ecosystem functioning in a changing world. **Global Change Biology**, v. 23, n. 6, p. 2179–2196, 2017.

GRIFFO, C. L. S.; SILVA, A. G. As Unidades de Conservação do município de Vitória no novo contexto do Sistema Nacional de Unidade de Conservação. **Natureza on line**, v. 11, p. 54–67, 2013.

GUIMARAENS, M. A.; COUTINHO, R. Spatial and temporal variation of benthic marine algae at Cabo Frio upwelling region. **Rio de Janeiro, Brazil. Aquatic. Bot**, v. 52, p. 283–299, 1996.

HACKSPACHER, P. C. et al. Rochas vulcânicas da Ilha da Trindade: resfriamento rápido e baixa erosão. In: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **PROTRINDADE: Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade - 10 anos de pesquisas**. Brasília: SECIRM, 2017. p. 200.

HAJDU, E. et al. **Esponjas marinhas da Bahia: guia de campo e laboratório**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2011.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T. Paleontological Data Analysis. Blackwell. Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. Harper, D.A.T. (ed.). 1999. *Numerical Palaeobiology*. John Wiley & Sons, 2006.

HOGG, N. G.; OWENS, W. B. Direct measurement of the deep circulation within the Brazil Basin. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 46, n. 1-2, p. 335–353, 1999.

HORTA, P. A. et al. Rhodoliths in Brazil: Current knowledge and potential impacts of climate change. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. Special Issue 2, p. 117–136, 2016.

HUGHES, T. P. et al. Climate change , human Impacts , and the resilience of coral reefs. **Science**, v. 301, n. 929-933, p. 929–934, 2003.

HUGHES, T. P. et al. Global warming transforms coral reef assemblages. **Nature**, v. 556, n. 7702, p. 492–496, 2018.

JIMENEZ, P. C. et al. Biological activity in extracts of ascidians (Tunicata, Ascidiacea) from the northeastern Brazilian coast. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 287, n. 1, p. 93–101, 2003.

JIMENEZ, P. C. et al. Cytotoxic activity of a dichloromethane extract and fractions obtained from *Eudistoma vancouveri* (Tunicata: Ascidiacea). **Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology**, v. 151, n. 3, p. 391–398, 2008.

JOHANSEN, H. W. **Coralline Algae , A First Synthesis**. Florida: Taylor & Francis Group, 1981.

JOHNS, K. A. et al. Macroalgal feedbacks and substrate properties maintain a coral reef regime shift. **Ecosphere**, v. 9, n. 7, 2018.

KEOUGH, M. J. Dynamics of the Epifauna of the Bivalve *Pinna Bicolor*: Interactions



Among Recruitment , Predation , and Competition. **Wiley on behalf of the Ecological Society of America**, v. 65, n. 3, p. 677–688, 1984.

KOHLER, K. E.; GILL, S. M. 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 and Geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1259–1269, 2006.

KOSSUGA, M. H. et al. ISOLAMENTO E ATIVIDADES BIOLÓGICAS DE PRODUTOS NATURAIS DAS ESPONJAS *Monanchora arbuscula*, *Aplysina* sp., *Petromica ciocalyptoides* E *Topsentia ophiraphidites*, DA ASCÍDIA *Didemnum ligulum* E DO OCTOCORAL *Carijoa riisei*. **Quim. Nova**, v. 30, n. 5, p. 1194–1202, 2007.

KRAJEWSKI, J. P.; FLOETER, S. R. Reef fish community structure of the Fernando de Noronha Archipelago (Equatorial Western Atlantic): The influence of exposure and benthic composition. **Environmental Biology of Fishes**, v. 92, n. 1, p. 25–40, 2011.

KRAMER, P. A. Synthesis of coral reef health indicators for the western Atlantic: Results of the AGRRA program (1997-2000). **Atoll Research Bulletin**, n. 496, p. 1–57, 2003.

LAUZON-GUAY, J.; SCHEIBLING, R.; BARBEAU, M. Modelling phase shifts in a rocky subtidal ecosystem. **Marine Ecology Progress Series**, v. 375, p. 25–39, 26 jan. 2009.

LAVRADO, H. P. Caracterização do ambiente e da comunidade bentônica. In: LAVRADO, H. P.; IGNACIO, B. L. (Eds.). . **Biodiversidade bentônica da região central da zona Econômica Exclusiva Brasileira**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. p. 19–64.

LEÃO, Z. et al. Status of Eastern Brazilian coral reefs in time of climate changes. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 5, n. 2, p. 224–235, 2010.

LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P.; TESTA, V. Corals and coral reefs of Brazil. **Latin American Coral Reefs**, n. April, p. 9–52, 2003.

LITTLER, M. M.; LITTLER, D. S. The nature of Macroalgae and their Interactions on Reefs. **Smithsonian contribution to the Marine Sciences**, n. 39, p. 199–212, 2013.

LITTLER, M. M.; LITTLER, D. S.; TAYLOR, P. R. **Evolutionary Strategies in a Tropical Barrier Reef System: Functional- Form Groups of Marine Macroalgae** *Journal of Phycology*, 1983.

LONGO, G. O. et al. Between-habitat variation of benthic cover, reef fish assemblage and feeding pressure on the benthos at the only atoll in South Atlantic: Rocas atoll, NE Brazil. **PLoS ONE**, v. 10, n. 6, p. 1–29, 2015.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. **Evolution**, v. 17, n. 4, p. 373, dez. 1963.

MAGALHÃES, G. M. et al. Changes in benthic communities along a 0–60 m depth gradient in the remote St. Peter and St. Paul Archipelago (Mid-Atlantic Ridge, Brazil). **Bulletin of Marine Science**, v. 91, n. 3, p. 377–396, 1 jul. 2015.

- MARTINS, L. et al. Echinoidea and Holothuroidea (Echinodermata) of the Trindade and Martin Vaz Archipelago, off Brazil, with new records and remarks on taxonomy and species composition. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 98, n. 3, p. 521–555, 2018.
- MCLEOD, E. et al. The future of resilience-based management in coral reef ecosystems. **Journal of Environmental Management**, v. 233, n. November 2018, p. 291–301, 2019.
- MEIRELLES, P. M. et al. Baseline assessment of mesophotic reefs of the Vitoria-Trindade Seamount Chain based on water quality, microbial diversity, benthic cover and fish biomass data. **PLoS ONE**, v. 10, n. 6, p. 1–22, 2015.
- MENGE, B. A. et al. Coastal oceanography sets the pace of rocky intertidal community dynamics. 2003.
- MOHR, LEONARDO VIANNA Ilhas Oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo – volume II / Leonardo Vianna Mohr... [et al.]. – Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2009. v. 2 : 502 p. : il. color. ; 29 cm
- MÖRK, E. et al. Top-down and bottom-up regulation of macroalgal community structure on a Kenyan reef. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 84, n. 3, p. 331–336, 2009.
- MOURA, R. L. Brazilian reefs as priority areas for biodiversity conservation in the Atlantic Ocean. **9th International Coral Reef Symposium**, v. 2, n. October, p. 917–920, 2000.
- MUMBY, P. J. et al. High resilience masks underlying sensitivity to algal phase shifts of Pacific coral reefs. **Oikos**, v. 125, n. 5, p. 644–655, 2016.
- MURICY et al. Filo Porifera. In: LAVRADO, H. P.; IGNACIO, B. L. (Eds.). . **Biodiversidade bentônica da região central da zona Econômica Exclusiva Brasileira**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2006. p. 109–145.
- NAKAOKA, M. et al. Similarity of rocky intertidal assemblages along the Pacific coast of Japan: Effects of spatial scales and geographic distance. **Ecological Research**, v. 21, n. 3, p. 425–435, 2006.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Disponível em: <<https://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst.html>>. Acesso em: 26 nov. 2018.
- NORDSTRÖM, M.; AARNIO, K.; BONSDORFF, E. Temporal variability of a benthic food web: Patterns and processes in a low-diversity system. **Marine Ecology Progress Series**, v. 378, p. 13–26, 2009.
- O’LEARY, J. K. et al. Fish and sea urchin grazing opens settlement space equally but urchins reduce survival of coral recruits. **Marine Ecology Progress Series**, v. 493, p. 165–177, 2013.
- O’LEARY, J. K.; MCCLANAHAN, T. R. Trophic cascades result in large-scale coralline algae loss through differential grazer effects. **Ecology**, v. 91, n. 12, p. 3584–3597, 2010.

OIGMAN-PSZCZOL, S. S.; FIGUEIREDO, M. A. DE O.; CREED, J. C. Distribution of Benthic Communities on the Tropical Rocky Subtidal of Armacao dos Buzios, Southeastern Brazil. **Marine Ecology**, v. 25, n. 3, p. 173–190, set. 2004.

OLIVEIRA, L. P. H. DE. **Nota prévia sobre a fauna e flora marinha da Ilha da Trindade** Mem. Inst .Oswaldo Cruz, , 1951.

PAINE, R. T. Ecological Determinism in the Competition for Space: The Robert H. MacArthur Award Lecture. **Ecology**, v. 65, n. 5, p. 1339–1348, out. 1984.

PEREIRA-FILHO, G. H. et al. Reef fish and benthic assemblages of the Trindade and Martin Vaz Island group, southwestern Atlantic. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 59, n. 3, p. 201–212, set. 2011.

PEREIRA-FILHO, G. H. et al. Extensive Rhodolith Beds Cover the Summits of Southwestern Atlantic Ocean Seamounts. **Coastal Education & research foundation**, v. 28, n. 1, p. 261–269, 2012.

PINEDO, S.; ARÉVALO, R.; BALLESTEROS, E. Seasonal dynamics of upper sublittoral assemblages on Mediterranean rocky shores along a eutrophication gradient. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 161, p. 93–101, ago. 2015.

PINHEIRO, H. T. et al. New records of fishes for Trindade-Martin Vaz oceanic insular complex, Brazil. **Zootaxa**, n. 2298, p. 45–54, 2009.

PINHEIRO, H. T. et al. Fish biodiversity of the Vitoria-Trindade seamount chain, southwestern Atlantic: An updated database. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, p. 1–17, 2015.

PINHEIRO, H. T. et al. Island biogeography of marine organisms. **Nature**, 2017.

PIRES, G. L. C.; MANSUR, K. L.; BONGIOLO, E. M. Geoconservação da Ilha da Trindade: Principais Aspectos e Potencial de Uso. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 36, n. 2, p. 96–104, 2013.

PRESKITT, L. B.; VROOM, P. S.; SMITH, C. M. A Rapid Ecological Assessment (REA) Quantitative Survey Method for Benthic Algae Using Photoquadrats with Scuba. **Pacific Science**, v. 58, n. 2, p. 201–209, 2004.

RASHER, D. B. et al. Effects of herbivory, nutrients, and reef protection on algal proliferation and coral growth on a tropical reef. **Oecologia**, v. 169, n. 1, p. 187–198, 2012.

RASHER, D. B.; HOEY, A. S.; HAY, M. E. Consumer diversity interacts with prey defenses to drive ecosystem function. **Ecology**, v. 94, n. 6, p. 1347–1358, 2013.

RICHARDSON, L. E. et al. Mass coral bleaching causes biotic homogenization of reef fish assemblages. **Global Change Biology**, n. November 2017, 2018.

RUZICKA, R. R. et al. Temporal changes in benthic assemblages on Florida Keys reefs 11 years after the 1997/1998 El Niño. **Marine Ecology Progress Series**, v. 489, p. 125–141, 2013.

SANDIN, S. A.; MCNAMARA, D. E. Spatial dynamics of benthic competition on coral reefs. **Oecologia**, v. 168, n. 4, p. 1079–1090, 19 abr. 2012.

SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR. **Normas E Instruções Para O Protrindade**, 2010.

SECRETARIA DA COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR. **PROTRINDADE Programa de Pesquisas Científicas na Ilha da Trindade - 10 anos de pesquisas**. 1<sup>a</sup>. ed. 2017.

SILVEIRA, I. C. A. DA et al. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. v. 48, n. 2, p. 171–183, 2000.

SIMON, T.; MACIEIRA, R. M.; JOYEUX, J. C. The shore fishes of the Trindade-Martin Vaz insular complex: An update. **Journal of Fish Biology**, v. 82, n. 6, p. 2113–2127, 2013.

SISSINI, M. N. et al. Macroalgas da Ilha da Trindade. In: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **PROTRINDADE: Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade - 10 anos de pesquisas**. Brasília: SECIRM, 2017. p. 200.

SOARES, M. D. O. Climate change and regional human pressures as challenges for management in oceanic islands, South Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 131, n. April, p. 347–355, 2018.

SOARES, M. DE O. et al. Brazilian Marine Animal Forests: A New World to Discover in the Southwestern Atlantic. In: ROSSI, S. et al. (Eds.). **Marine Animal Forests**. [s.l.] Springer International Publishing, 2016. p. 1–32.

STENECK, R. S.; DETHIER, M. N. A functional group approach of algal dominated communities. **Oikos**, v. 69, p. 476–498, 1994.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 104, n. C9, p. 20863–20883, 15 set. 1999.

SVERDRUP, H. U.; JOHNSON, M. W.; FLEMING, R. H. **The Oceans, Their Physics, Chemistry, and General Biology**. New York: Prentice-Hall, 1942.

TABARELLI, M. et al. **PELD – CNPq Dez Anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: Achados, Lições e Perspectivas**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013.

TAVARES, M. e MENDONÇA Jr., J. B. Biodiversidade marinha nas Ilhas Oceânicas Trindade e Martin Vaz: uma introdução. In: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **PROTRINDADE: Programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade - 10 anos de pesquisas**. Brasília: SECIRM, 2017. p. 200.

THOMAZ FILHO, A.; RODRIGUES, A. L. O alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas-Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na cadeia Vitória-Trindade. **Revista Brasileira de**

**Geociências**, v. 29, n. 2, p. 189–194, 1999.

TUNDISI, J. G. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração: uma Abordagem Essencial ao Estudo de Ecossistemas e seus Processos. In: TABARELLI, M. et al. (Eds.). . **PELD - CNPq Dez Anos do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Brasil: Achados, Lições e Perspectivas**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2013. p. 31–37.

VILLAÇA, R. et al. Flora marinha bentônica das ilhas oceânicas brasileiras. In: **Ilhas Oceânicas Brasileiras; da pesquisa ao manejo**. [s.l.] Publisher: Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2006. p. 105–146.

VITÓRIA. **Reserva Ecológica Municipal das Ilhas Ocênicas de Trindade e Arquipélago de Martin Vaz** BrasilDiário Oficial, , 1989. Disponível em: <<http://sistemas.vitoria.es.gov.br/webleis/Arquivos/1989/D8054.PDF>>

WORM, B.; LOTZE, H. K. Effects of eutrophication, grazing, and algal blooms on rocky shores. **Limnology And Oceanography**, v. 51, n. 1\_part\_2, p. 569–579, 2006.

YONESHIGUE-VALENTIN, Y. et al. Macroalgas da Plataforma continental da Ilha da Trindade e do Arquipélago de Martin Vaz (Espírito Santo - Brasil). **X Reunião Brasileira de Ficologia: um compromisso com a sustentabilidade dos recursos aquáticos**, v. Séries Liv, n. January 2005, 2005.