

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Isis Ferreira Batistela

DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA
NO ENTORNO DA ILHA DA TRINDADE COM ÊNFASE EM
LARVAS DE BRACHYURA (CRUSTACEA: DECAPODA)

FLORIANÓPOLIS

2019

DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA NO ENTORNO DA
ILHA DA TRINDADE COM ÊNFASE EM LARVAS DE BRACHYURA
(CRUSTACEA: DECAPODA)

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Oceanografia do Centro de
Ciências Físicas e Matemáticas da
Universidade Federal de Santa Catarina,
como requisito de obtenção do título de
Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Prof. Dr^a. Andrea Santarosa
Freire

Coorientadora: Dr^a. Andréa Green Koettker

FLORIANÓPOLIS

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao universo que me permitiu trilhar este caminho, do qual eu tenho orgulho de ter percorrido. Sou muito grata também por todas as pessoas que apareceram na minha vida e contribuíram de alguma forma para minha formação pessoal e acadêmica.

Gostaria de dedicar este trabalho à pessoa que me ensinou “como fazer trabalhos acadêmicos”, teve toda a paciência e tranquilidade do mundo comigo e me amparou esse tempo todo. Sou muito feliz e agradecida em ter sido sua primeira orientada, Andrea Green

À Andrea Freire, meu muito obrigada também pelos ensinamentos e pelas contribuições hiper relevantes até nas “olhadas rápidas”. Além disso, serei grata pelo resto da vida pela oportunidade de participar da expedição para Ilha da Trindade

À minha mãe e pai, que me apoiaram em todas as minhas escolhas, confiaram em mim e me deram suporte, sem vocês do meu lado nada disso seria possível;

À todos os professores e professoras da Oceanografia UFSC, por terem me passado os conhecimentos desse assunto tão amplo que é a oceanografia;

À Manoela Brandão, Andrea Freire e Tammy Arai por terem coletado as amostras que utilizei neste trabalho, em especial a Manu, que além disso também triou uma boa parte das larvas

Às pessoas que participam ou participaram do Laboratório de Crustáceos e Plâncton, que me ajudaram e me ensinaram muito esse tempo todo, Thais, Gabriel B., Lucas, Babi, Flora, Fer, Mari, Luisa e em especial Gabriel G., Malu,

Érica, Vanessa e Charles que me auxiliaram em alguns procedimentos deste trabalho

Às minhas Rommies, novas e antigas, Lua, Bia, Rebs, Ana, Marília pela paciência nesse processo de TCC, pelos cafés, pelos coworkings na varanda e todas as aventuras que fizeram toda a diferença na minha jornada

Aos meus amigos, que são muitos, pelo companheirismo, estudos em grupo, roles, almoços no RU, praias, e tudo mais, Ari, Tete, Ingra, Luisa, Yudi, Heitor, Natasha, Malu, Babi, G8, Giba, Caetano, Hilary, Ju, Luana, Caio, Zé, Luan, Cami, Manoela, e muuuuitos outros que não serão citados, mas também foram muito importantes

Àqueles que me ajudaram de alguma maneira em figuras, gráficos ou traduções, Ingra, Kenji, Gabriel Ronaldo e Luis, a contribuição de vocês foi essencial

Ao CNPQ pela bolsa de amparo à pesquisa;

À Marinha do Brasil por todo o apoio nas expedições;

À banca do meu pré-projeto que foi Catarina M. e Manoela B., que corrigiram com muita atenção, me dando valiosas dicas. Também a atual banca, Prof. Horig e Manoela, mais uma vez.

Por fim, gostaria de me desculpar e agradecer a todos os organismos planctônicos sacrificados para a realização deste estudo.

Debaixo dágua tudo era mais bonito,

Mais azul mais colorido,

Só faltava respirar

Mas tinha que respirar

Todo dia

(BETHÂNIA, 2006)

RESUMO

Zooplâncton é um conjunto de animais microscópicos que vivem dispersos na coluna de água apresentando pouca ou nenhuma capacidade natatória. Eles são importantes condutores do fluxo de energia constituindo um elo entre os produtores primários e os níveis tróficos superiores. A distribuição da comunidade zooplanctônica em ilhas oceânicas é pouco estudada. Dessa forma, o presente trabalho investigou a abundância e composição destes organismos em uma ilha oceânica brasileira localizada a 1.200 km da costa, Ilha da Trindade. O estudo foi realizado por meio de três abordagens de campo, a primeira visou a análise da distribuição espacial da comunidade zooplanctônica em um gradiente de distância em relação à Ilha da Trindade, a 100, 50, 10 e 5 km. Na segunda, a análise espacial foi restrita à zona costeira ao redor da Ilha da Trindade, com amostragens nas regiões Nordeste, Leste, Sul e Oeste da Ilha, na isóbata de 50 m. A terceira, visou a variação nictemeral da comunidade numa estação fixa na região nordeste, com coletas a cada 2h. Os resultados obtidos demonstram que não houve um aumento na abundância zooplanctônica da estação mais distante da ilha para a mais próxima, como era esperado pelo efeito massa de ilha. No entanto, foi encontrada grande abundância no lado Sul da Ilha, sugerindo a ocorrência de algum fenômeno físico que resulta na acumulação de organismos nesta região. A abundância e composição de organismos holoplanctônicos foi similar em toda a malha amostral, enquanto que a abundância meroplanctônica foi maior nas estações costeiras, principalmente à oeste da Ilha. Esta é a região menos agitada

e mais abrigada de ventos e ondulações, favorecendo a retenção larval. Ainda em relação ao meroplâncton, a migração vertical e a predominância de desovas noturnas ficaram evidentes na estação fixa, principalmente dentre as larvas de braquiúros. A identificação de zoés de *Brachyura* de cinco amostras da estação fixa até o menor nível taxonômico possível, resultou na ocorrência de 23 táxons, número superior ao registrado até o momento para os indivíduos adultos da região. Larvas de *Johngarthia lagostoma* e da Superfamília Majoidea foram as mais representativas dentre as estações costeiras. O presente trabalho apresenta um cenário do que antes era desconhecido e dessa forma poderá contribuir com estudos futuros no local.

Palavras chave: Ilha oceânica, Ilha da Trindade, Zooplâncton, Larvas de *Brachyura*.

ABSTRACT

Zooplankton is a group of microscopic animals that live scattered in the water column with little or no swimming capacity. They are important conductors of the energy flow constituted by a link between the primary producers and the upper trophic levels. The distribution of the zooplankton community in oceanic islands is poorly studied. Thus, the developed research investigated the abundance and composition of these organisms in a Brazilian oceanic island located at the distance of 1.200 km from the Brazilian coast, Trindade Island. The research was conducted through three field approaches, the first aimed to analyze the spatial distribution of the zooplankton community at the distances of 100, 50, 10 and 5 km from Trindade Island. In the second, the spatial analysis was restricted to the coastal zone around Trindade Island and samples were retrieved in the Northeast, East, South and West of the Island, in the 50 m isobath. The third, aimed in a diel variation of the community in a fixed location in the northeast region, with sampling at every 2h. The results show that there was no increase in zooplankton abundance towards the island, as expected. However, large abundances were

found on the South side of the island, suggesting the existence of some physical phenomenon that results in the accumulation of organisms in this area. The abundance and composition of holoplanktonic organisms was similar throughout all the samples, while the meroplanktonic abundance was higher in the samples from the coastal zone, mainly to the West of the island. This is the least exposed and most sheltered area to winds and waves, favoring larval retention. Still regarding the meroplankton, the vertical migration and the predominance of nocturnal spawning was evident in the fixed location, especially among the Brachyura larvae. The classifying of Brachyura zoeas from five samples of the fixed location identified to the lowest possible taxonomic level resulted in the occurrence of 23 taxa, higher than the number recorded so far for adult individuals in the region. Larvae of *Johngarthia lagostoma* and the Superfamily Majoidea were the most representative among the coastal samples. This thesis displays a scenario of what was previously unknown and thus may contribute to future studies on Trindade Island.

keyword: Oceanic island, Trindade island, Zooplankton, Brachyura larvae.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização das estações oceanográficas. (a) Estações dos Transectos 1A e 1B a 100, 50, 10 e 5 km da Ilha da Trindade. (b) Estações no entorno da Ilha da Trindade e estação fixa. A estação Nordeste está representada pelo círculo verde já que foi realizada no mesmo local que a estação fixa. 18

Figura 2. Temperatura e salinidade de superfície (gráfico à esquerda) e profundidade da zona eufótica (ZE) e valor médio mensal da clorofila (gráfico à direita) nas estações situadas a 100, 50, 10 e 5 km de distância da Ilha da Trindade nos Transectos 1A e 1B. 24

Figura 3. Temperatura e salinidade de superfície (gráfico à esquerda) e profundidade da zona eufótica (ZE) e valor médio mensal da clorofila (gráfico à direita), nas estações situadas nas regiões Oeste, Sul, Leste e Nordeste da Ilha da Trindade. 25

Figura 4. Plotagem da média mensal dos valores de clorofila (maio de 2015) na região da Ilha da Trindade, entre 20°S e 21°S de Latitude e 29°O e 30°O de longitude. O losango

cinza representa a Ilha da Trindade, em termos de localização e tamanho e as estações do Transecto estão representadas com um X. As estações realizadas ao redor da Ilha não foram plotadas na Figura, uma vez que a área de plotagem é muito extensa. 26

Figura 5. Abundância de copépodes e dos demais táxons identificados (agrupados na categoria denominada “Outros”) nas estações situadas a 5, 10, 50 e 100 km de distância da Ilha da Trindade no Transecto 1A e no Transecto 1B; ao redor da Ilha da Trindade e ao longo dos horários de amostragem na estação fixa. O: Oeste, S: Sul, L: Leste, NE: Nordeste, V: arrasto vertical; H: arrasto horizontal. 28

Figura 6. Abundância dos grupos zooplanctônicos, com exceção de copépodes, nas estações situadas a 5, 10, 50 e 100 km de distância da Ilha da Trindade no Transecto 1A e 1B obtida nos dois tipos de arrasto, Vertical e Horizontal. Holo: holoplâncton, Mero: meroplâncton, Misto: grupos com representantes do holo e meroplâncton. Os táxons que obtiveram abundâncias maiores que a escala estão com valor real indicados. 32

Figura 7. Abundância dos grupos zooplanctônicos nas estações ao redor da Ilha da Trindade nos dois tipos de arrasto, vertical e horizontal. Holo: holoplâncton, Mero: meroplâncton, Misto: grupos com representantes do holo e meroplâncton. Os táxons que obtiveram abundâncias maiores que a escala estão com valor real indicados. 33

Figura 8. Abundância dos grupos zooplanctônicos, com exceção de copépodes, na estação fixa nos diferentes horários de coleta. Holo: holoplâncton, Mero: meroplâncton, Misto: grupos com representantes do holo e meroplâncton. 34

Figura 9. Diagrama de Análise de Ordenação MDS (modo Q), realizado com os 16 táxons identificados mais frequentes e abundantes e suas respectivas abundâncias por amostra. Coeficiente de distância: similaridade de Bray-Curtis; Transformação em raiz quarta. 36

Figura 10. Abundância ($\text{ind}/100\text{m}^3$), biomassa seca ($\text{mg}/100\text{m}^3$), biomassa úmida ($\text{mg}/100\text{m}^3$) e biovolume ($\text{ml}/10.000\text{m}^3$) obtidos nas estações situadas a 5, 10, 50 e 100 km de distância da Ilha da Trindade no Transecto 1A e no Transecto 1B. V: arrasto vertical; H: arrasto horizontal. 37

Figura 11. Abundância ($\text{ind}/100\text{m}^3$), biomassa seca ($\text{mg}/100\text{m}^3$), biomassa úmida ($\text{mg}/100\text{m}^3$) e biovolume ($100\text{ml}/10.000\text{m}^3$) obtidos nas estações ao redor da Ilha da Trindade nos dois tipos de arrasto, vertical e horizontal. 38

Figura 12. Densidade ($\text{ind}/100\text{m}^3$), biomassa seca ($\text{mg}/100\text{m}^3$), biomassa úmida ($\text{mg}/100\text{m}^3$) e biovolume ($\text{ml}/10.000\text{m}^3$) obtidos na estação Fixa nos diferentes horários de coleta. 39

Figura 13. **A.** Abundância total de zoés e megalopas de Brachyura ao redor da Ilha da Trindade nos dois tipos de arrasto. **B.** Abundância relativa dos táxon identificados de Brachyura nas estações ao redor da Ilha em ambos arrastos vertical e horizontal. Z: fase larval de zoé. Outras Zoés - não identificadas. 40

Figura 14. **A.** Abundância total de zoés e megalopas de Brachyura na estação Fixa. **B.** Abundância relativa dos táxon identificados de Brachyura na estação Fixa em diferentes horários de coleta. Z: fase larval de zoé. Outras Zoés: não identificadas. 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados dos testes estatísticos não paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis entre os valores de abundância zooplanctônica obtidos nos diferentes tipos de arrasto de plâncton e entre as diferentes distâncias de amostragem em relação à Ilha da Trindade. n= número de amostras utilizadas em cada estação. N= número total de amostras utilizadas em cada teste. Resultado significativo: $p < 0,05$. 29

Tabela 2. Resultados dos testes pareados da Análise de Similaridade (ANOSIM) em função da composição e abundância da comunidade dividida nos três grupos obtidos pela Análise de Ordenação MDS (modo Q). * valores significativos (<5%). 36

Tabela 3. Táxons de Brachyura identificados na estação Fixa, os valores estão em dados brutos. 42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo geral	18
2.2 Objetivos específicos	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 Área de estudo	19
3.2 Trabalho de Campo	20
3.3 Processamento das amostras	22

3.4 Análise dos dados	24
3.5 Análises estatísticas	24
4. RESULTADOS	27
4.1 Variáveis ambientais	27
4.2. Abundância zooplanctônica com ênfase em Copepoda	30
4.3 Composição e abundância dos grupos zooplanctônicos	33
4.4. Comunidade zooplanctônica	38
4.5 Biomassa e biovolume	40
4.6. Larvas de Brachyura	43
5.CONCLUSÕES	55
APÊNDICE A	65
APÊNDICE B	66
ANEXO A	67
ANEXO B	68
ANEXO C	69
ANEXO D	70
ANEXO E	71
ANEXO F	72

1. INTRODUÇÃO

Zooplâncton é um conjunto de animais microscópicos, que vivem dispersos na coluna de água apresentando pouca ou nenhuma capacidade de locomoção. Dentro deste grupo encontram-se organismos holoplanctônicos, que passam a vida toda no plâncton e meroplanctônicos, formas larvais de organismos bentônicos e pelágicos que permanecem no ambiente planctônico por apenas algumas horas até vários meses. O zooplâncton possui um papel central na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, especialmente na ciclagem de nutrientes e no transporte de energia pois serve como um elo entre o fitoplâncton e muitos carnívoros (GIFFORD et al, 2000).

A Ilha da Trindade (20,5° S; 29,3° W) está cerca de 1.200 km distante da costa brasileira e a 4.200 km do litoral africano. A ilha, com 9,28 km², faz parte da Cadeia Submarina Vitória-Trindade (CSVT) que se estende desde a quebra da plataforma continental até 28,5° W, atingindo a superfície nos dois pontos mais extremos a leste: Ilha da Trindade e o Arquipélago de Martin Vaz (20,5° S; 28,8° W). Apesar de sua importância, no Atlântico Tropical, a comunidade zooplanctônica é pouco estudada (SCHNACK-SCHIEL et al, 2010) e a maior parte das áreas não foram amostradas (NEUMANN-LEITÃO et al, 2008).

São considerados verdadeiros oásis no meio de um deserto azul oligotrófico (BOLTOVSKOY, 1981) onde há um baixo nível de produtividade primária e, menor ainda da produtividade secundária (BOLTOVSKOY, 1981; SOUZA et al, 2013) graças a um fenômeno denominado Efeito Massa de Ilha (GOVE et al, 2016). Muito fatores interferem na ocorrência e variação espacial deste fenômeno como geomorfologia, inclinação batimétrica, dimensão da área recifal, status da população humana e clorofila (GOVE et al, 2016).Esses fatores

provenientes do efeito massa de ilha podem alterar o padrão das correntes e a estrutura termohalina provocando ressurgência ao transportar águas ricas em nutrientes para a zona eufótica (DOTY & OGURI, 1912) aumentando assim a biomassa fito e zooplanctônica. Além disso, essa interação da topografia local com a circulação das correntes pode afetar processos de retenção, dispersão e assentamento larval (BOEHLERT & MUNDY, 1993). Em regiões tropicais, isso é de grande importância pois a porcentagem de espécies de invertebrados que possuem larvas planctônicas é significativamente maior do que em outras regiões (LEVINTON, 1982).

Caranguejos, lagostas, lagostins e camarões, inclusos na Ordem Decapoda, produzem larvas meroplanctônicas e são frequentemente abundantes no zooplâncton (e.g. BOLTOVSKOY, 1981; PARANAGUA et al, 2004). A partir de estudos sobre a composição, abundância e distribuição larval é possível obter informações sobre período reprodutivo e a ocorrência de mecanismos de dispersão ou retenção larval e também sobre os adultos que habitam uma região, já que a presença de larvas de determinadas espécies em uma amostra de plâncton indica a presença das espécies adultas correspondentes (BOLTOVSKOY, 1981).

Apesar da reconhecida importância ecológica das larvas de Decapoda, poucos estudos têm sido feitos para avaliar a distribuição e composição da comunidade em ambientes de ilhas oceânicas brasileiras. Estudos no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (KOETTKER et al 2010; BRANDÃO et al, 2012a, 2012b), Fernando de Noronha (SANTANA et al 2018), Atol das Rocas (PINTO et al, 1997) e Arquipélago dos Abrolhos (KOETTKER & LOPES, 2013) foram realizados e o Arquipélago de Trindade e Martin Vaz é o único local sem registro algum até o presente. O conhecimento sobre os ambientes pelágicos e bentônicos das Ilhas da Trindade e Martin Vaz é muito limitado e ainda não foram suficientemente investigados, uma vez que o acesso à região é restrito

(TAVARES et al, 2017b). Atualmente estão catalogadas para as Ilhas da Trindade e Martin Vaz, 65 espécies adultas de decápodes e, dentre elas, 20 espécies de caranguejos braquiúros terrestres e marinhos (TAVARES et al, 2017a).

Todos os trabalhos desenvolvidos com a comunidade planctônica da região da Ilha da Trindade e entorno encontram-se compilados em uma revisão realizada por Brandini et al (1997). As pesquisas incluem dados de (i) identificação de espécies de apendiculárias e quetognatos, (ii) descrição da região como pobre em fito e zooplâncton, formada por espécies típicas da Corrente do Brasil (CB), com dominância de copépodes, mas grande representatividade de quetognatos e apendiculárias, (iii) variação quantitativa de grandes grupos do zooplâncton e sua relação com fatores hidrobiológicos e, (iv) uma lista de espécies e dados de distribuição de Hydrozoa. Os referidos trabalhos datam de 1950 a 1990 (BRANDINI et al., 1997). Desde então, apenas três estudos com zooplâncton foram realizados para a cadeia submarina Vitória-Trindade (i) quantificação e identificação dos grandes grupos zooplanctônicos em diferentes profundidades (SCHUTZE et al 1999) e (ii) distribuição de larvas de peixes (STOCCO, 2015) (iii) distribuição de luciferídeos (ALMEIDA et al, 2016)

O presente trabalho irá acrescentar novas informações sobre a composição e abundância da comunidade zooplanctônica nos entornos da Ilha de Trindade. Pretende verificar uma possível associação com o efeito massa de ilha, bem como sua relação com parâmetros físicos. Além disso, será o primeiro a estudar larvas de Brachyura no local. Os dados obtidos no presente trabalho foram utilizados para testar a hipótese de que a composição e densidade zooplanctônica diferem ao longo de um gradiente de distância em relação à Ilha da Trindade, entre diferentes regiões ao redor da ilha e em uma variação nictemeral em um mesmo local.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a variação da abundância e composição da comunidade zooplanctônica no entorno da Ilha da Trindade com ênfase em larvas de caranguejos Brachyura.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar se há diferença na abundância e composição zooplanctônica desde a região costeira da Ilha da Trindade até 100 km de distância;
- Analisar a variação nictemeral da abundância e composição do zooplâncton na região nordeste da Ilha da Trindade;
- Analisar a variação espacial ao redor da ilha e nictemeral da abundância e composição das larvas de caranguejos Brachyura na zona costeira da Ilha;

- Verificar a relação entre os valores de abundância e de biomassa e biovolume planctônico nas estações de amostragem.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A Ilha da Trindade, juntamente com o Arquipélago de Martin Vaz e diversos montes submarinos, constituem a Cadeia Submarina Vitória-Trindade (CSVT) que se originou há cerca de 3 milhões de anos (ALMEIDA, 1961).

O clima típico do local é o Oceânico Tropical (CASTRO, 2009) com alta pluviosidade, temperaturas elevadas e alto teor de umidade. Frequentemente, breves chuvas orográficas ocorrem, elas são conhecidas por “Pirajá”. Este fenômeno acontece pois a altitude de até 600 m acima do nível do mar forma uma barreira para a massa de ar úmida, provocando precipitação (PEDROSO et al, 2017).

A direção predominante dos ventos é de leste/nordeste e com frentes frias entrando do quadrante sul. Em média, são observadas entre uma e duas frentes frias por mês (PEDROSO et al, 2017). Logo, o setor mais energético situa-se entre o Sudoeste (SO) e o Leste (E), respectivamente. No entanto, embora menos frequentes, tempestades em regiões ao Norte da Ilha podem gerar ondulações de maior energia ao setor menos agitado, de Noroeste (NO) a Nordeste (NE). O sistema de maré local é de micromaré semi-diurna, com amplitude de 1,3 m (CALLIARI et al, 2017).

A massa de água que ocupa a superfície do Atlântico Sul Tropical é a Água Tropical (AT). Ela apresenta salinidade acima de 36,5, e alta temperatura (superior a 25°C) e é transportada para o sul pela Corrente do Brasil (CB) (EMILSON, 1961).

A CB é a corrente de contorno oeste associada ao Giro Tropical do Atlântico Sul, originando-se a aproximadamente 10°S, quando o braço sul da Corrente Sul Equatorial se bifurca. A CB flui na direção sul, próxima a plataforma continental brasileira (STRAMMA, 1991; SILVEIRA et. al, 2000), sendo que em 20,5°S, a CB se depara com a Cordilheira Trindade-Vitória (EVANS et al, 1983) que atua como uma barreira para a circulação oceânica afetando seu escoamento (MATA et al, 2017) e assim gerando feições como vórtices e meandros (SCHIMID et al, 1995; FRAGOSO, 2004; CALADO, 2006).

Não existem dados disponíveis a respeito da circulação local, no entanto na região Sul ocorre um fenômeno físico que promove grande acumulação de resíduos sólidos na “Praia do Lixo”, cujo nome foi dado por esse motivo (observação pessoal - 75º Expedição PROTRINDADE/fevereiro 2019) (ANEXO A)

3.2 Trabalho de Campo

As amostras foram obtidas a partir do projeto Conectividade do caranguejo *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) no Atlântico Sul (Ilha da Trindade e Ilha de Ascensão), CNPQ 484875/2012-4 (ANEXO B). Foram realizadas nove estações de amostragem a bordo do NOc Ary Rongel, da Marinha do Brasil, entre 24 e 28 de maio de 2015. Estas estações ficaram distribuídas da seguinte maneira: (i) quatro ao longo de um Transecto a 100, 50, 10 e 5 km de distância da Ilha, (ii) quatro em regiões costeiras ao redor da Ilha da Trindade, ao Leste, Oeste, Sul e Nordeste, sobre a isóbata de 50 m e (iii) uma na região nordeste da Ilha, sobre a isóbata de 20 m (Figura 1).

Na estação fixa, localizada na região Nordeste sobre a isóbata de 20 m, foram realizados arrastos verticais de zooplâncton a partir de 13 metros do fundo até superfície ao longo de 15 horas, com intervalos de aproximadamente 2 horas entre cada amostragem. No Transecto, foram realizados dois arrastos de plâncton em cada distância de amostragem, um horizontal e outro vertical. O arrasto horizontal foi realizado próximo à superfície, com duração de 10 minutos, e o arrasto vertical, a partir de 100 m de profundidade. As estações do Transecto foram amostradas duas vezes, tanto durante a derrota do navio ao se aproximar da Ilha (Transecto 1A - 24/05/2015) quanto ao se afastar (Transecto 1B - 28/05/2015) da Ilha, em direção à costa brasileira. Contudo, a coleta a 5 km da ilha só pôde ser realizada no dia 24 de maio, por questões operacionais do Navio (Figura 1). Ambos os tipos arrastos também foram efetuados nas regiões costeiras ao redor da Ilha da Trindade, com exceção da Nordeste, onde apenas o arrasto horizontal foi possível (Figura 1). Dessa maneira, obteve-se 28 amostras de plâncton, sendo 7 coletadas na estação fixa, 14 no Transecto e outras 7 ao redor da Ilha da Trindade.

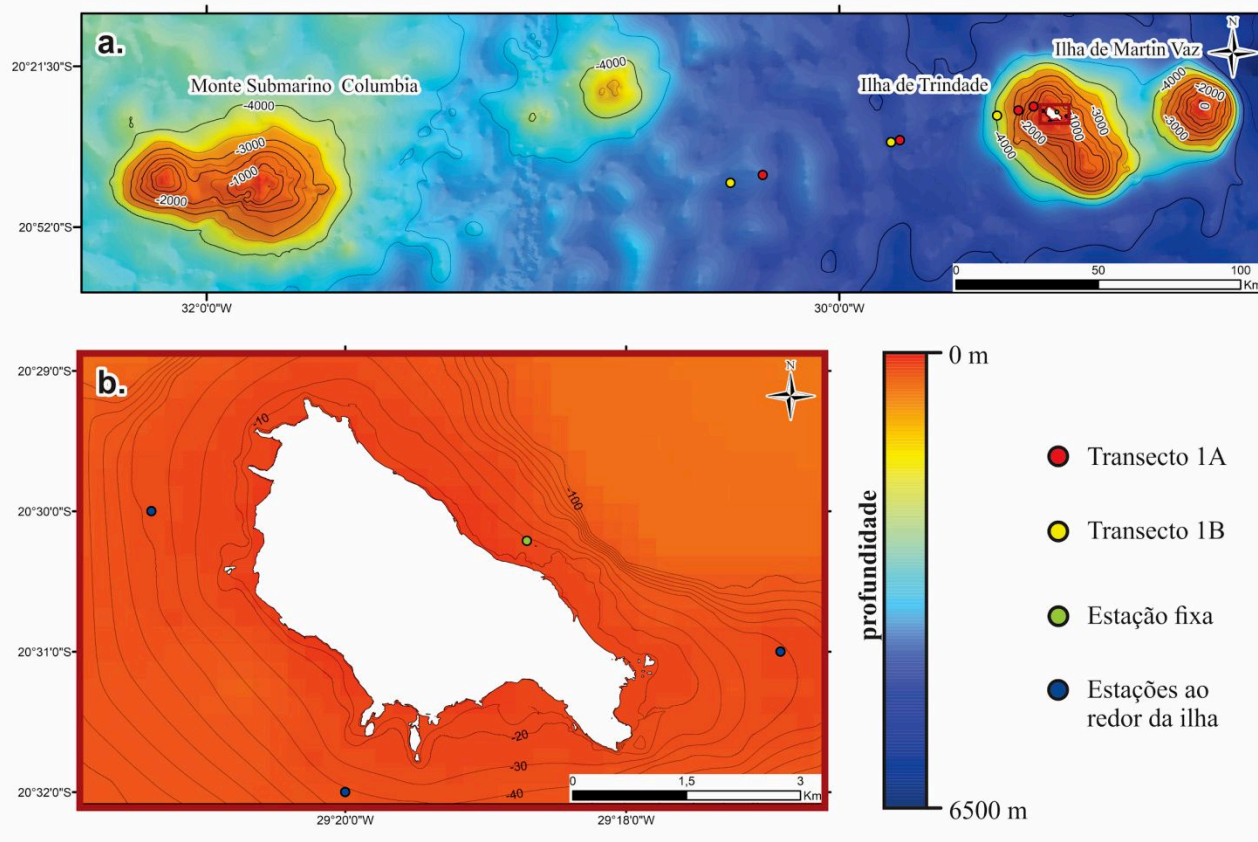


Figura 1. Localização das estações oceanográficas. (a) Estações dos Transectos 1A e 1B a 100, 50, 10 e 5 km da Ilha da Trindade. (b) Estações no entorno da Ilha da Trindade e estação fixa. A estação Nordeste está representada pelo círculo verde já que foi realizada no mesmo local que a estação fixa.

As amostras de plâncton foram coletadas com rede cilindro-cônica de 200 μm de malha e 50 cm de diâmetro de boca, com fluxômetro da marca General Oceanics acoplado. Após a coleta, as amostras foram imediatamente preservadas em etanol 96%. Para registrar dados de temperatura e salinidade locais, utilizou-se uma garrafa de *Van Dorn* para coletar água de superfície e a 50 metros de profundidade ou próxima ao fundo, em áreas mais rasas. A profundidade da zona eufótica ou seja, onde há luz disponível para a fotossíntese, foi estimada ao

multiplicar 2,7 pela leitura do disco de *Secchi* (APÊNDICE A). A profundidade local das estações de coleta variou de 4.900 m a 13,3 m, com as maiores profundidades detectadas nas estações do Transecto e as menores na estação fixa. Dentre as 28 estações, 14 foram realizadas durante o dia e 14 durante a noite (05:00h às 16:30h- dia; 16:31h-18:00h- crepúsculo, 18:01 às 04:59h- noite). Estas e outras informações acerca das estações oceanográficas estão contidas no APÊNDICE A.

3.3 Processamento das amostras

As amostras foram processadas no laboratório de Crustáceos e Plâncton da UFSC (LCP/UFSC). Como primeiro passo, cada amostra era dividida em frações que variaram de 1/2 a 1/32 (dependendo da concentração de partículas cada uma), com o uso de um subamostrador tipo Motoda. A fração final era então diluída em um béquer com volume conhecido para que se iniciasse a identificação dos organismos. Esta, foi realizada por meio de dois métodos diferentes; em dezenove amostras utilizou-se o equipamento Zooscan (PICHERAL et al, 2017) (ANEXO C) e em nove, o método tradicional de contagem e identificação (ANEXO D).

No método tradicional, após a diluição da fração da amostra no béquer, foram retiradas três alíquotas de 10 ml cada para a identificação e contagem do zooplâncton em grandes grupos (ex. copépodes, eufausiáceos, larvas de decápodes, etc), usando um subamostrador de acrílico no formato de cachimbo com volume interno de 10 ml. Em seguida, todos os organismos presentes na fração, com exceção dos que somaram 100 indivíduos na contagem pelo método do cachimbo, continuaram sendo identificados e quantificados no restante da fração. Para esse método, utilizou-se um microscópio estereoscópio e placas de Petri quadriculadas.

A identificação e contagem a partir do ZooScan (ZSCA04), consiste em colocar a fração diluída no scanner da máquina e, por meio de programas de processamento de imagem (ImageJ e Zooprocess), a fração da amostra de plâncton é escaneada e processada e assim, a imagem gerada é dividida na quantidade de partículas que existirem na amostra. Depois de geradas as imagens individuais de cada organismo, elas são transferidas para o EcoTaxa (<http://ecotaxa.obsvfr.fr>), que é uma plataforma online onde realiza-se a classificação taxonômica automática a partir de projetos já existentes. Um total de 24.086 imagens foram transferidas e posteriormente identificadas no EcoTaxa.

Os valores de abundância zooplanctônica obtidos em ambos os métodos foram extrapolados para a amostra inteira levando em consideração a fração analisada.

Para obter valores de biomassa e biovolume planctônico, uma fração de cada amostra foi utilizada para calcular biovolume ($\text{ml}/10.000\text{m}^3$) e biomassa seca e úmida ($\text{mg}/100\text{m}^3$) seguindo os métodos de Boltovskoy (1981).

As larvas e megalopas de caranguejos da Infraordem Brachyura, assim como ovos e larvas de Teleoteii já haviam sido quantificadas e retiradas das amostras antes das medidas de biomassa e biovolume ocorrerem. Esse trabalho resultou numa identificação prévia das larvas de Brachyura em megalopas, zoés da família Dromiidae, Superfamília Majoidea e duas espécies, *Grapsus grapsus* (LINNAEUS, 1758) e *Johngarthia lagostoma* (MILNE-EDWARDS, 1835). No presente trabalho, todas as larvas de Brachyura coletadas em cinco horários de amostragem (17h, 19h, 21h, 1h 3h) na estação fixa no Nordeste da Ilha foram identificadas até o menor nível taxonômico possível através de chaves de identificação (ex. KOETTKER et al, 2012) e em artigos específicos de desenvolvimento larval de espécies em laboratório.

3.4 Análise dos dados

Os dados de abundância obtidos foram expressos em ind/100m³ considerando o volume de água filtrada em cada arrasto, determinado através da seguinte equação:

$V = \pi \cdot r^2 \cdot F \cdot \Delta \text{rotação}$, onde:

V = volume de água filtrada (m³)

r = raio da rede (m)

F = fator de aferição do fluxômetro

$\Delta \text{rotação}$ = número de rotações do fluxômetro.

Os valores de temperatura, salinidade, profundidade da zona eufótica e clorofila obtidos em todas as estações foram demonstrados na forma de gráficos.

Para exibir a abundância zooplanctônica total, de copépodes e dos demais grupos taxonômicos foram confeccionados gráficos tanto no Programa Rstudio, através dos pacotes `sciplot` e `readxl`, quanto no Programa Excel.

Os valores de clorofila superficial (mg/m³) utilizados no presente trabalho foram extraídos a partir de dados de satélite, obtidos pelo sensor MODIS-aqua que captura diariamente informações de clorofila com uma resolução de 4 km. Estes dados estão disponíveis no site Ocean Color (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Os valores utilizados são uma média de todo o mês de maio de 2015. A plotagem destes valores de clorofila na região da Ilha da Trindade foi gerada no MATLAB utilizando o pacote `M_map`.

3.5 Análises estatísticas

O teste não-paramétrico Mann-Whitney (AYRES et al., 2005) foi utilizado para verificar se houve diferença na abundância zooplanctônica em relação a dois fatores, tipo de arrasto (vertical e horizontal) e distância em relação a Ilha. Assim, comparou-se os valores obtidos nos arrastos verticais e horizontais do (i) Transecto 1A (N=8); (ii) Transecto 1B (N=6); (iii) ao redor da Ilha (N=6), onde não foi considerada a estação Nordeste já que houve apenas arrasto horizontal. Já o fator distância levou em conta a proximidade da Ilha. Todas as amostras obtidas no Transecto 1 foram agrupadas em “oceânicas” (n=14) e as obtidas ao redor da ilha foram agrupadas em “costeiras” (n=6; N=20) e o teste Mann-Whitney foi novamente utilizado para verificar se houve diferença significativa na abundância zooplanctônica entre estes dois ambientes.

Enquanto o teste de Mann-Whitney consiste em comparar a distribuição de duas amostras independentes, o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis (AYRES et al., 2005) permite realizar a comparação de três ou mais grupos de amostras. Deste modo, este teste foi utilizado para verificar se houve diferença na abundância zooplanctônica obtida nas diferentes estações de amostragem do Transecto 1, a 100 km (n=4), 50 km (n=4), 10 km (n=4) e ao redor da Ilha da Trindade (n= 8; N=20). Para ambos os testes foi utilizado o programa Biostat 4.0.

A Análise de Ordenação por Escalonamento Multi-Dimensional (nMDS) (WARWICK & CLARKE et al, 2001) foi utilizada para investigar similaridades na composição e abundância da comunidade zooplanctônica nas diferentes estações oceanográficas (modo Q). Para tal, os valores de abundância dos 16 táxons identificados foram previamente transformados em raiz quarta e o índice de similaridade utilizado foi o de Bray-Curtis. Após a análise nMDS, realizou-se uma Análises de Similaridade (ANOSIM) unifatorial para verificar se os grupos formados eram estatisticamente diferentes (WARWICK & CLARKE et al, 2001). Ambos os testes foram realizados no programa Primer 6 & PERMANOVA+.

A análise multivariada RDA (Análise de Redundância) foi utilizada para verificar se existe relação entre a composição e abundância dos táxons identificados com descritores ambientais numéricos e categóricos (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). As variáveis numéricas utilizadas foram temperatura e clorofila e as variáveis categóricas foram distância de amostragem da Ilha (100, 50, 10 e 5 km) e o período do dia (dia, noite, crepúsculo). Para a elaboração da RDA, a matriz de variáveis foi submetida à análise “Variance Inflation Factor” (VIF), que avalia a multicolinearidade entre as variáveis (Borcard et. al., 2011). Valores acima de 10 indicam alta redundância, assim foram escolhidas as variáveis de VIF menor. A salinidade foi retirada da análise pois o valor do VIF foi alto (14%). As amostras da estação fixa também foram retiradas da análise. Tanto VIF quanto RDA foram feitos por meio da linguagem de programação R. Esta análise foi realizada no Programa Rstudio utilizando o pacote vegan (OKSANEN et al, 2015).

4. RESULTADOS

4.1 Variáveis ambientais

A temperatura superficial variou pouco entre as estações e ao longo dos três dias de amostragem (Figuras 2 e 3). Os valores de temperatura obtidos a 50 m de profundidade, ou próximos ao fundo nas estações mais rasas, mostraram valores iguais aos da superfície ou com apenas meio grau a menos (APÊNDICE A). Por outro lado, a salinidade de superfície variou bastante, entre 34 e 38, e os valores obtidos nas camadas mais profundas da coluna de água também foram próximos ou iguais aos de superfície. A concentração de clorofila também apresentou pouca variação entre as estações, com um máximo de 0,0690 mg/m³ e mínimo de 0,0524 mg/m³ (Figuras 2 e 3).

Nas estações do Transecto os valores de temperatura variaram entre 25°C e 26°C e os de salinidade entre 34 e 37 (Figura 2). As duas variáveis foram inversamente proporcionais, ou seja, quando a salinidade baixou, subiu a temperatura e vice-versa. A mesma relação foi vista a profundidade da zona eufótica e a concentração de clorofila, onde apesar da quantidade dos dados, observa-se que nos locais onde a ZE foi maior, a clorofila-a foi menor. A variação de clorofila foi pequena entre as estações (N= 7, média= 0,0575, desvio padrão= 0,0078 mg/m³). A profundidade da zona eufótica variou entre 37m e 66m. Como

as estações A50, A10 e A5 foram realizadas durante a noite, não foi possível obter a leitura do Disco de Secchi.

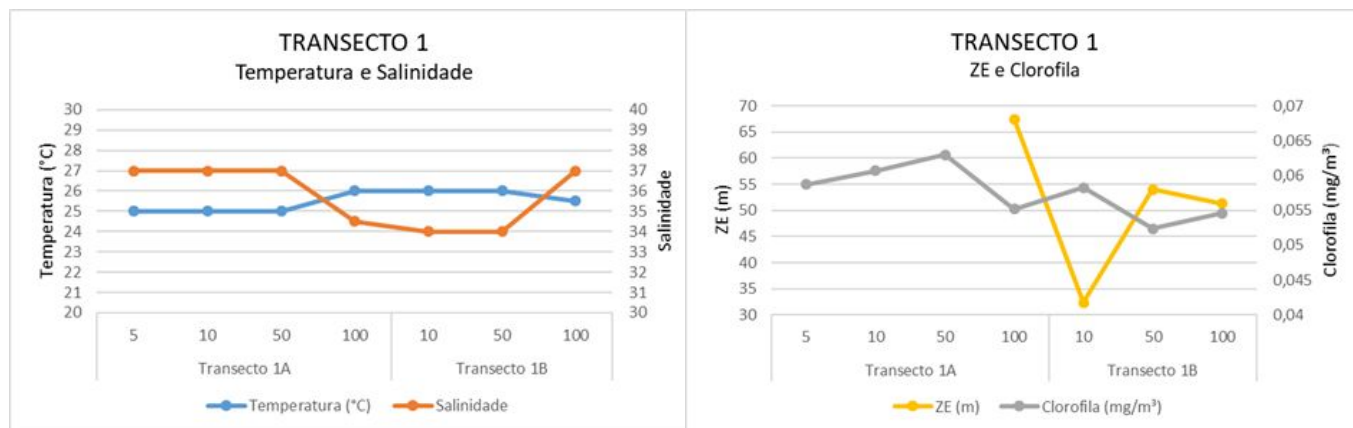


Figura 2. Temperatura e salinidade de superfície (gráfico à esquerda) e profundidade da zona eufótica (ZE) e valor médio mensal da clorofila (gráfico à direita) nas estações situadas a 100, 50, 10 e 5 km de distância da Ilha da Trindade nos Transectos 1A e 1B.

Ao redor da Ilha da Trindade, os valores de temperatura e salinidade foram os mesmos nas estações situadas a Sul, Leste e Nordeste (Figura 3). A região Oeste da Ilha foi a mais distinta, apresentando 34 de salinidade, temperatura 0,5°C maior e clorofila com menor valor em relação às demais (Figura 3).

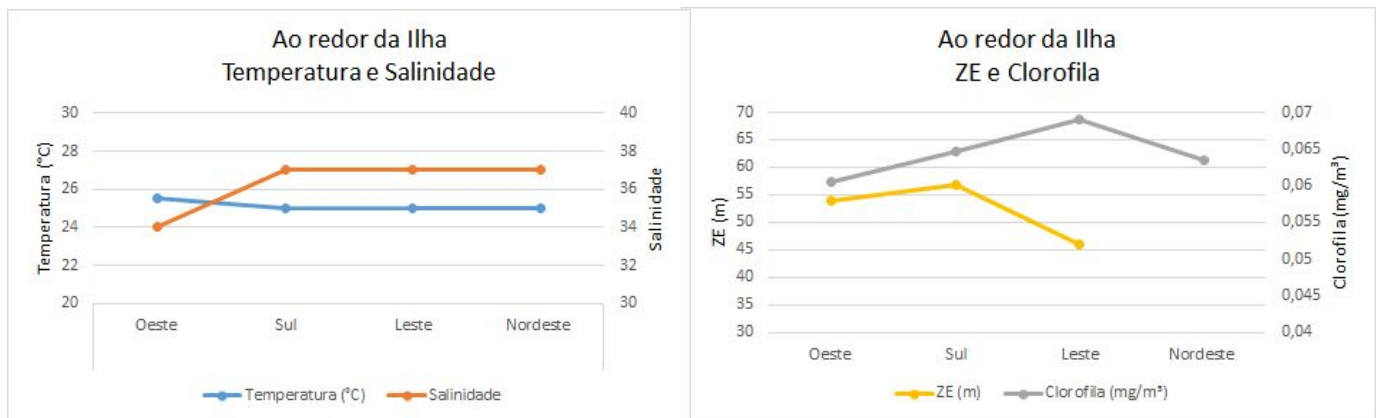
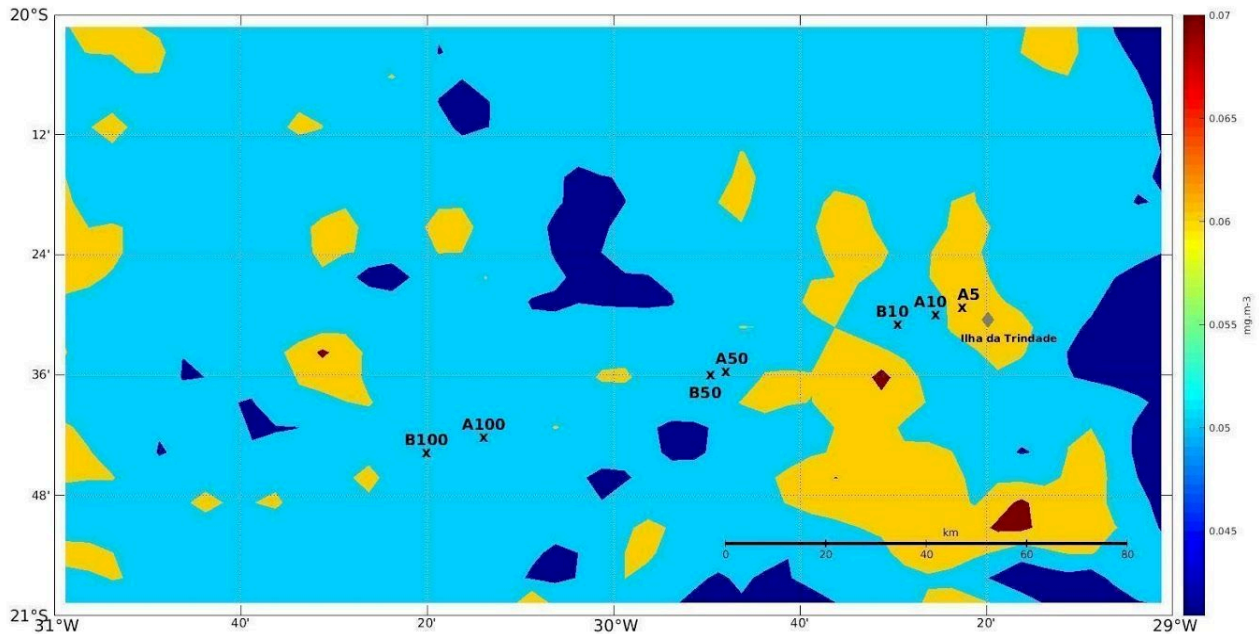


Figura 3. Temperatura e salinidade de superfície (gráfico à esquerda) e profundidade da zona eufótica (ZE) e valor médio mensal da clorofila (gráfico à direita), nas estações situadas nas regiões Oeste, Sul, Leste e Nordeste da Ilha da Trindade

Na estação fixa, localizada à Nordeste da Ilha, praticamente não houve variação de temperatura entre os horários de amostragem. Já os valores de salinidade, variaram entre 34, 37 e 38, com os menores valores detectados nas duas primeiras horas de amostragem (APÊNDICE A).

A distribuição da clorofila a na região da Ilha da Trindade é bastante heterogênea e forma manchas com concentrações distintas. A Figura 4 mostra uma dessas manchas de clorofila na região ao redor da Ilha, englobando inclusive a estação A5.



Fonte: Site Ocean color, satélite Modis Aqua, Nasa.

Figura 4. Plotagem da média mensal dos valores de clorofila (maio de 2015) na região da Ilha da Trindade, entre 20°S e 21°S de Latitude e 29°O e 30°O de longitude. O losango cinza representa a Ilha da Trindade, em termos de localização e tamanho e as estações do Transecto estão representadas com um X. As estações realizadas ao redor da Ilha não foram plotadas na Figura, uma vez que a área de plotagem é muito extensa.

4.2. Abundância zooplanctônica com ênfase em Copepoda

Foi encontrada uma abundância zooplanctônica média, com respectivos valores de desvio padrão, de 20.154 ± 8.267 ind/100m³ no Transecto 1A, 13.216 ± 12.098 ind/100m³ no Transecto 1B, 35.654 ± 58.355 ind/100m³ ao redor da Ilha da Trindade e 23.391 ± 8.796 ind/100m³ na estação fixa.

Os copépodes foram os organismos mais abundantes em todos os ambientes (Figura 5). Nas estações do Transecto somaram mais de 80% da abundância relativa (AR) nas distâncias de amostragem, com exceção da A5H e B10H. A mesma dominância numérica de copépodes foi verificada nas estações ao redor da Ilha, em ambos os tipos de arrasto. Já na estação fixa, verificou-se uma diminuição na abundância e dominância dos copépodes se comparadas as três primeiras horas de amostragem com as quatro finais (Figura 5).

Picos de abundância zooplanctônica (acima de 30.000 ind/100m³) foram verificados nos arrastos horizontais do Transecto 1A (a 100 e 50 km), no arrasto horizontal do Transecto 1B (a 100 km), nos três primeiros horários de amostragem da estação fixa (16h, 17h e 19h) e, principalmente, no arrasto horizontal da estação Sul (Figura 5). Neste, tanto copépodes quanto outros grupos foram muito abundantes, alcançando valores de 147.160 ind/100m³ dentre os copépodes e de 30.370 ind/100m³ dentre os outros grupos.

Por outro lado, a abundância zooplanctônica em algumas estações foi menor que 7.000 ind/100m³, como é o caso da Leste vertical e de quatro dos seis arrastos realizados no Transecto 1B (Figura 5).

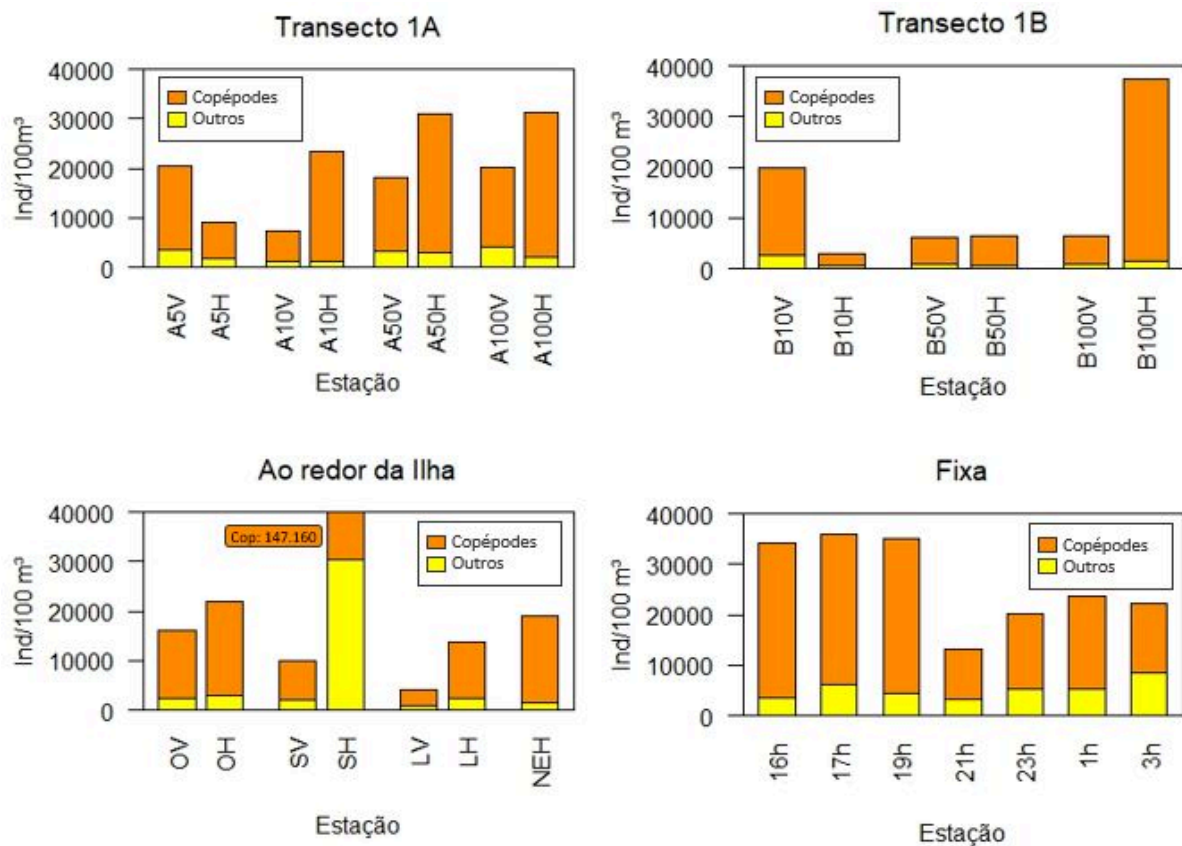


Figura 5. Abundância de copépodes e dos demais táxons identificados (agrupados na categoria denominada “Outros”) nas estações situadas a 5, 10, 50 e 100 km de distância da Ilha da Trindade no Transecto 1A e no Transecto 1B; ao redor da Ilha da Trindade e ao longo dos horários de amostragem na estação fixa. O: Oeste, S: Sul, L: Leste, NE: Nordeste, V: arrasto vertical; H: arrasto horizontal.

Os resultados da análise de variância não-paramétrica de Mann-Whitney mostraram que não há diferença estatística ($p > 0,05$) entre a abundância zooplanctônica obtida nos diferentes tipos de arrasto de plâncton - arrastos verticais e horizontais – considerando as amostras obtidas apenas no Transecto 1A, no Transecto 1B e nas estações ao redor da Ilha (Tabela 1).

Já a análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis mostrou que não há diferença estatística na abundância zooplanctônica entre as diferentes distâncias de amostragem, a 100, 50, 10 km da Ilha e ao redor da Ilha da Trindade.

Dessa maneira, todas as estações do Transecto foram então englobadas em oceânicas e as estações ao redor da Ilha foram englobadas em costeiras, mas o resultado da análise Mann-Whitney também não foi significativo (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados dos testes estatísticos não paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis entre os valores de abundância zooplanctônica obtidos nos diferentes tipos de arrasto de plâncton e entre as diferentes distâncias de amostragem em relação à Ilha da Trindade. n= número de amostras utilizadas em cada estação. N= número total de amostras utilizadas em cada teste. Resultado significativo: $p < 0,05$.

Teste	Fator	Estações analisadas (N amostral)	p
Mann-Whitney	Tipo de arrasto (Vertical X Horizontal)	Transecto 1A (N= 8)	0,1489
		Transecto 1B (N= 6)	0,8273
		Ao redor da Ilha (N= 6)	0,5127
Kruskal-Wallis	Distância	Oceânicas X Costeiras (N=20)	0,6801
		100 km X 50 km X 10 km X Ao redor da Ilha (N= 20)	0,7135

4.3 Composição e abundância dos grupos zooplanctônicos

Foram identificados 31 grupos zooplanctônicos, dentre estes, 16 foram mais frequentes e abundantes. Copépodes e apendiculárias ocorreram em 100% das estações; sifonóforos e quetognatos em mais de 90%; cladóceros, eufausiáceos, anfípodes, ostracodes, braquiúros, equinodermos, ovos e larvas de peixes, poliquetas, gastrópodes e decápodes em mais de 70%. Larvas de estomatópodes ocorreram em menos de 50% das amostras, porém com alta abundância. Os 15 táxons menos abundantes foram englobados na categoria “outros”.

No Transecto 1A a abundância dos grandes grupos zooplanctônicos, com exceção de copépodes já descrita no item anterior, obteve seu maior valor na estação A100V (4.053 ind/100 m³). Neste Transecto, a abundância nas estações mais afastadas da Ilha, a 100 e 50 km de distância, (média = 3.151 ind/100 m³, desvio padrão=632 ind/100 m³), foi maior do que nas estações mais próximas, a 10 e 5 km da Ilha (média de 4.053 e de 1.448 ind/100 m³, desvios padrão de 632 e 358 ind/100 m³, respectivamente). Dentre estas, apenas a A5V obteve uma abundância alta, devido à alta concentração de apendiculárias e larvas de estomatópodes (Figura 6).

Os táxons mais representativos do Transecto 1A foram sifonóforos, apendiculárias e quetognatos. No entanto, na estação A100V gastrópodes, poliquetas e outros táxons ocorreram com valores mais expressivos do que sifonóforos e apendiculárias. Poliquetas também foram abundantes no arrasto vertical a 50 km de distância (Figura 6).

No Transecto 1B, a estação mais abundante em termos de grandes grupos (copépodes excluídos) foi a mais próxima à Ilha, B10H com 2.688 ind/100m³ e a mais distante, B100H, com 1.660 ind/100m³. As duas apresentaram grande representatividade de apendiculárias, sifonóforos e quetognatos, assim como o Transecto 1A, mas com valores inferiores quando comparada. Gastrópodes e larvas de equinodermos também foram abundantes (Figura 6). As outras estações

foram menos abundantes e obtiveram valores próximos, com média de 800 ind/100m³ e desvio padrão de 164 ind/100m³.

Organismos holoplanctônicos foram predominantes nas estações do Transecto, seguidos pelos mistos, ou seja, táxons que reúnem espécies com os diferentes modos de vida. Larvas meroplanctônicas ocorreram em menor número e não mostraram um padrão de abundância dentre as estações de amostragem (Figura 6).

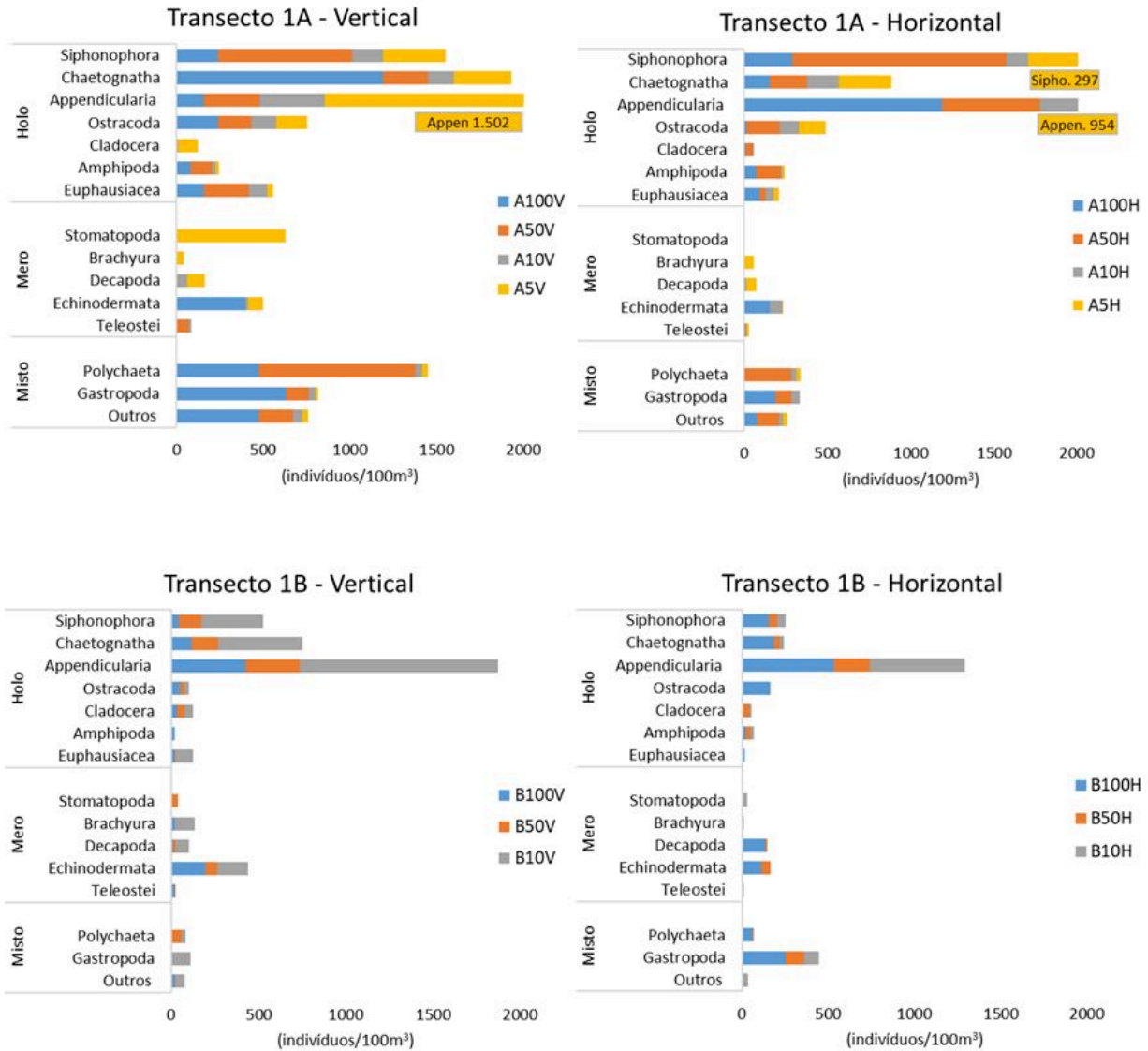


Figura 6. Abundância dos grupos zooplânctônicos, com exceção de copépodes, nas estações situadas a 5, 10, 50 e 100 km de distância da Ilha da Trindade no Transecto 1A e 1B obtida nos dois tipos de arrasto, Vertical e Horizontal. Holo: holoplâncton, Mero: meroplâncton, Misto: grupos com representantes do holo e meroplâncton. Os táxons que obtiveram abundâncias maiores que a escala estão com valor real indicados.

Dentre as estações ao redor da Ilha da Trindade, a região Sul foi a de maior abundância zooplanctônica, com 30.370 ind/100m³ (excluindo copépodes) identificados no arrasto horizontal, um número muito superior comparado aos obtidos tanto nas demais estações costeiras, quanto no Transecto. Appendiculárias somaram quase metade da abundância obtida, mas outros organismos holoplânctônicos como quetognatos, eufausiáceos, cladóceros, sifonóforos e ostracodes também foram abundantes. Dentre o meroplâncton, destaca-se as larvas de equinodermos e decápodes na região Sul e de estomatópodes, braquiúros e, novamente, equinodermos na região Oeste. Esta foi a segunda região mais abundante, em detrimento da Leste e Nordeste (Figura 7).

Nas estações ao redor da Ilha da Trindade a presença e a representatividade dos organismos meroplânctônicos foi superior em comparação com as estações do Transecto (Figuras 7 e 6).

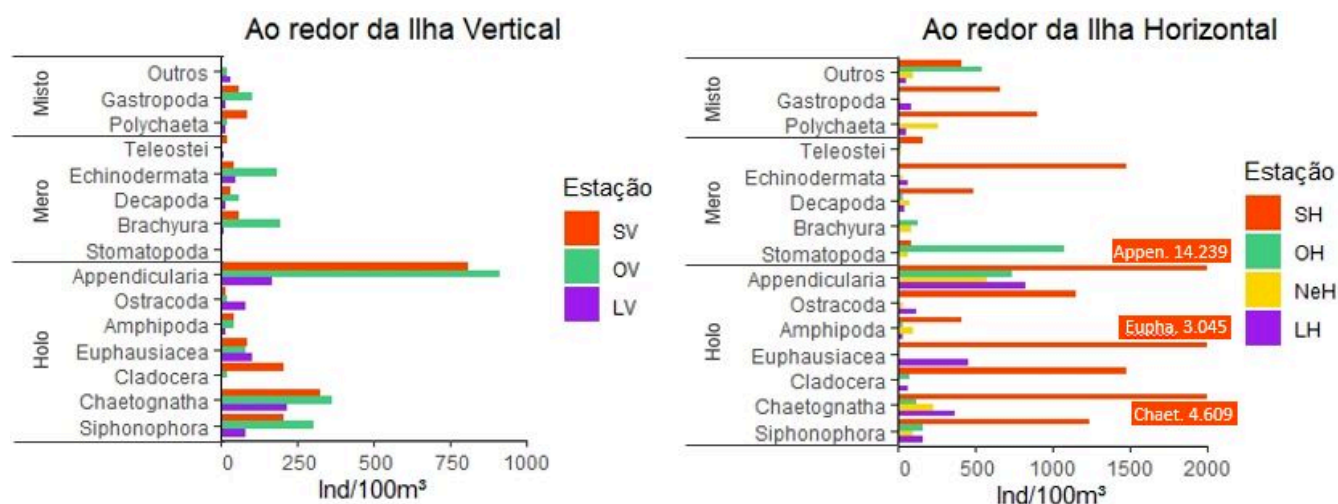


Figura 7. Abundância dos grupos zooplanctônicos nas estações ao redor da Ilha da Trindade nos dois tipos de arrasto, vertical e horizontal. Holo: holoplâncton, Mero: meroplâncton, Misto: grupos com representantes do holo e meroplâncton. Os táxons que obtiveram abundâncias maiores que a escala estão com valor real indicados.

Na estação Fixa, as apendiculárias foram as mais abundantes dentre os organismos holoplanctônicos, principalmente entre 16h e 19h. Entre os meroplanctônicos, decápodes e braquiúros foram os mais representativos, principalmente das 21h em diante (Figura 8). Larvas de peixes e, em menor grau, de equinodermos, ocorreram em todos os horários, com abundâncias similares dentre os horários de coleta. Destaca-se também um pico na abundância de estomatópodes às 17h (Figura 8).

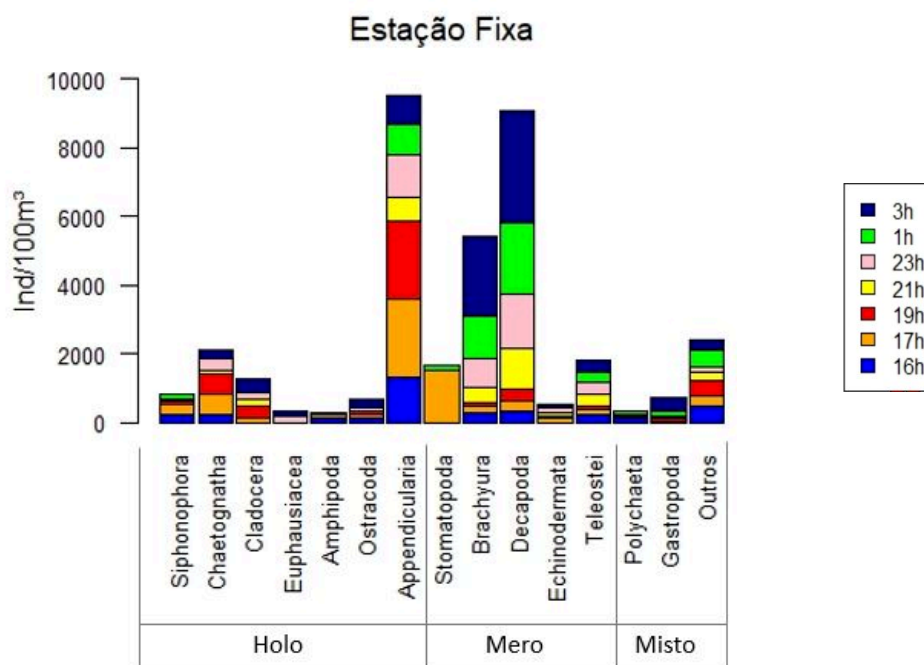


Figura 8. Abundância dos grupos zooplanctônicos, com exceção de copépodes, na estação fixa nos diferentes horários de coleta. Holo: holoplâncton, Mero: meroplâncton, Misto: grupos com representantes do holo e meroplâncton.

4.4. Comunidade zooplanctônica

Para analisar a comunidade zooplanctônica como um todo, em termos de abundância e composição, foi realizada uma Análise de Ordenação MDS que separou a comunidade zooplanctônica em três grandes grupos (Figura 09). O primeiro (1) foi composto por todas as amostras obtidas na estação fixa e o arrasto horizontal da região Oeste. Nestas, a abundância dos organismos meroplanctônicos foi elevada (média= 25.818 ind/100 m³, desvio padrão=7.767 ind/100 m³). No grupo 2 ficaram concentradas as amostras mais abundantes, com predominância de organismos holoplanctônicos (média de abundância do grupo= 19.017 ind/100 m³, desvio padrão=17.805). Já o grupo 3 foi formado por boa parte das amostras do Transecto 1B, nas quais os valores de abundância foram baixos em comparação com o grupo 2 apesar da composição ter sido parecida (média= 3.284 ind/100 m³, desvio padrão=1.7320 ind/100 m³). A Estação SH não entrou em nenhum grupo pois apresentou pouca similaridade com todas as demais devido ao pico de abundância identificado. O teste de similaridade ANOSIM comprovou que os três grupos são diferentes entre si (R global de 0,702, p= 0,001). O R estatístico entre os grupos 1 e 3 foi o mais alto, 0,914 (Tabela 2).

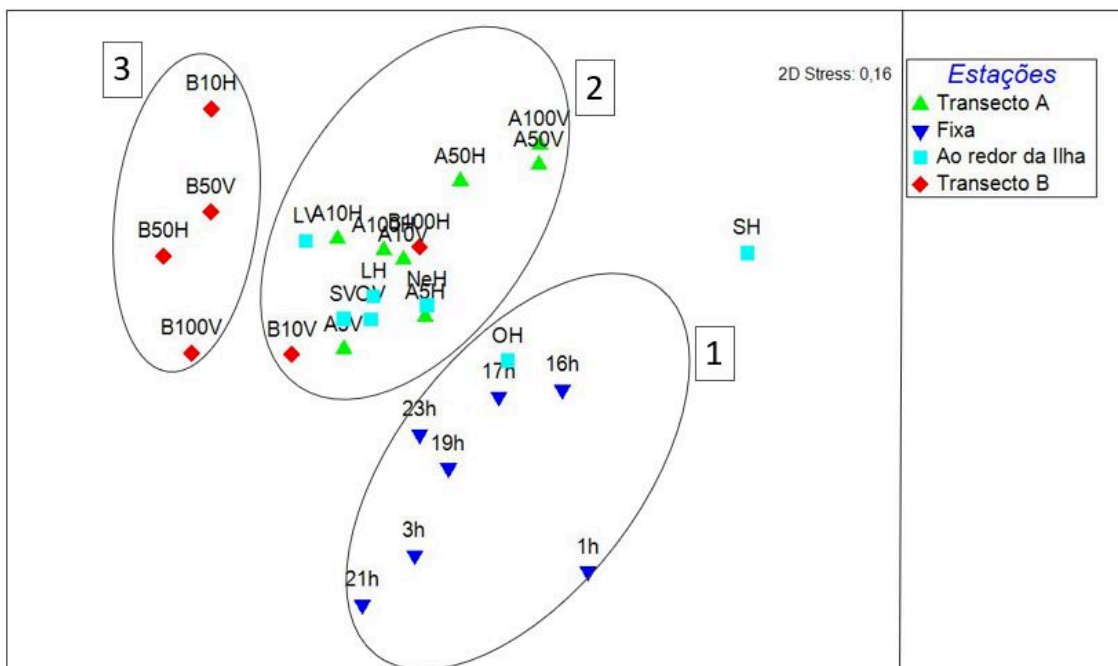


Figura 9. Diagrama de Análise de Ordenação MDS (modo Q), realizado com os 16 táxons identificados mais frequentes e abundantes e suas respectivas abundâncias por amostra. Coeficiente de distância: similaridade de Bray-Curtis; Transformação em raiz quarta.

Tabela 2. Resultados dos testes pareados da Análise de Similaridade (ANOSIM) em função da composição e abundância da comunidade dividida nos três grupos obtidos pela Análise de Ordenação MDS (modo Q). * valores significativos (<5%).

Grupos	R estatístico	Nível de Significância
1 - 2	0,685	0,1 *
2 - 3	0,738	0,1 *
3 - 1	0,914	0,2 *
Teste Global R= 0,71		

Para analisar a comunidade zooplanctônica em conjunto com alguns parâmetros físicos, foi realizado um teste RDA que combina variáveis numéricas com variáveis categóricas. O valor explicado pelo RDA (partitioning of variance) foi igual a 46,36% em relação ao proporcional de 100% do constrained. Porém o resultado não foi significativo para os dois eixos (RDA1= 0,3618 e RDA2= 0,2462) ou seja, não foi encontrada relação a comunidade zooplanctônica e as variáveis testadas, salinidade, temperatura, clorofila, horário de coleta, e distância de amostragem (APÊNDICE B).

4.5 Biomassa e biovolume

No geral, os valores de biomassa úmida, seca e de biovolume das estações do Transecto 1A e 1B variaram conforme os valores de abundância obtidos, ou seja, onde a abundância foi baixa, seus respectivos valores de biomassa e biovolume também o foram e vice-versa (Figura 10). Porém, em A10V e A5H, apesar da baixa abundância, foi verificado um alto valor de biomassa úmida. Enquanto que em A10H, A50H e A100H, com altos valores de abundância (maior que 20.000 ind/100m³), foram verificados baixos valores de biomassa e biovolume.

O maior valor de abundância e biomassa úmida obtido foi da B100H, onde observou-se durante o trabalho de laboratório que os copépodes eram muito maiores do que o das outras estações. O maior valor de biomassa seca e biovolume foi em A100V onde houve muitos quetognatos, cerca de 5 vezes mais do que a média dele em todas as estações do Transecto (Figura 10).

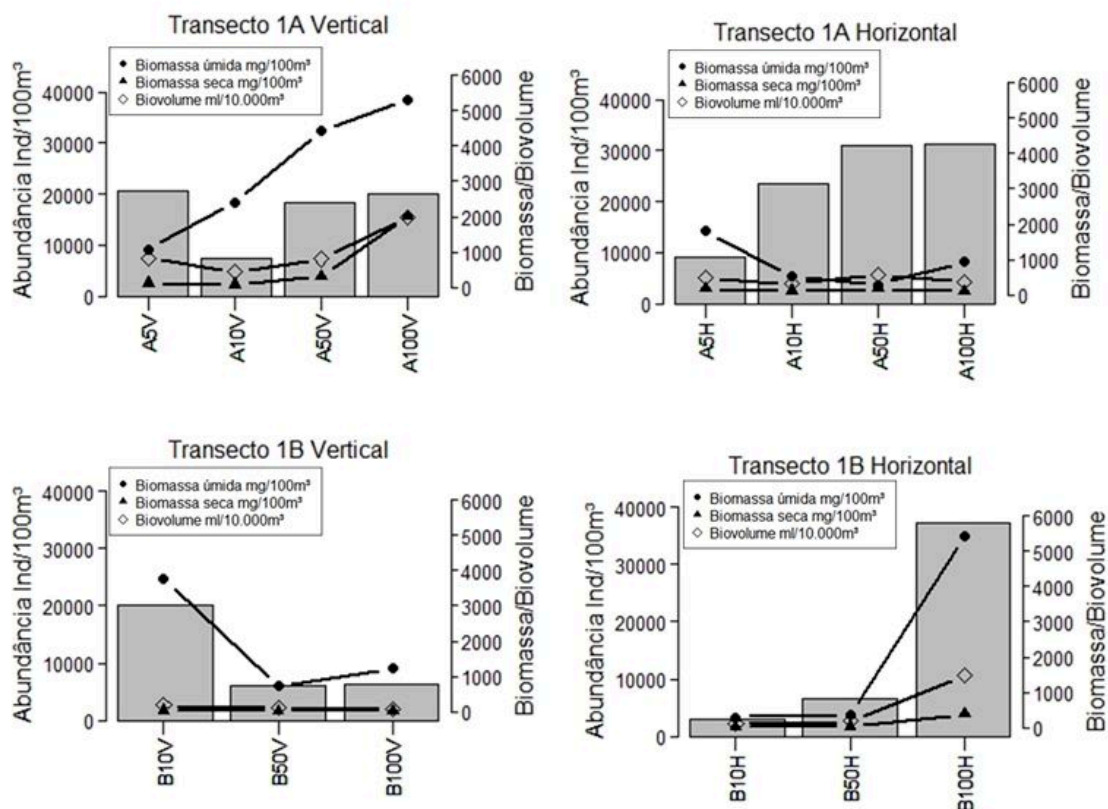


Figura 10. Abundância ($\text{ind}/100\text{m}^3$), biomassa seca ($\text{mg}/100\text{m}^3$), biomassa úmida ($\text{mg}/100\text{m}^3$) e biovolume ($\text{ml}/10.000\text{m}^3$) obtidos nas estações situadas a 5, 10, 50 e 100 km de distância da Ilha da Trindade no Transecto 1A e no Transecto 1B. V: arrasto vertical; H: arrasto horizontal.

Assim como nas estações do Transecto, também não foi verificada uma relação nítida entre os valores de biomassa seca, úmida, biovolume e abundância nas estações ao redor da Ilha (Figura 11). Nos arrastos horizontais, os valores de biomassa e biovolume foram baixos em todas as estações, inclusive na SH onde foi verificado o maior pico de abundância da malha amostral.

Na estação SV, foram verificados os maiores valores de biomassa úmida, seca e de biovolume entre as estações ao redor da Ilha, muito superior aos encontrados em SH, apesar da diferença de abundância (Figura 11).

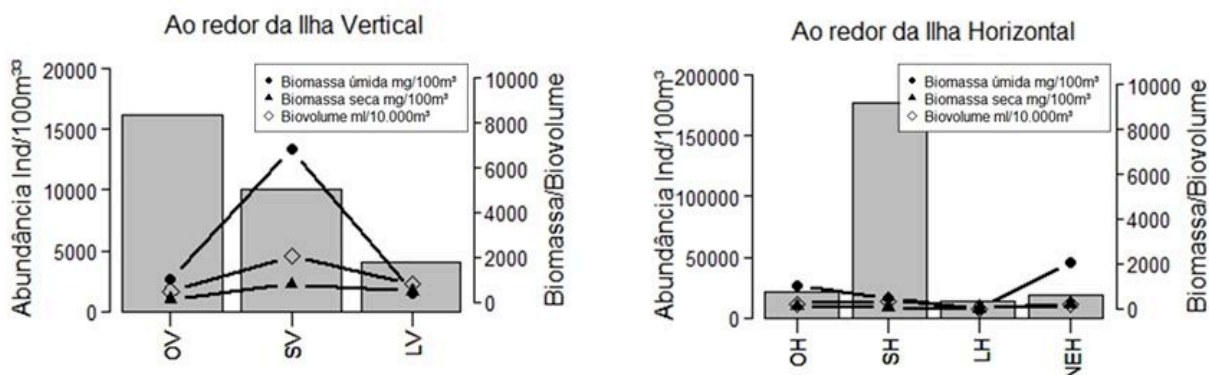


Figura 11. Abundância (ind/100m³), biomassa seca (mg/100m³), biomassa úmida (mg/100m³) e biovolume (100ml/10.000m³) obtidos nas estações ao redor da Ilha da Trindade nos dois tipos de arrasto, vertical e horizontal.

Na estação fixa, a biomassa seca variou pouco entre os horários de amostragem, ao contrário da biomassa úmida e do biovolume que variaram mais (Figura 12). Não houve um padrão perceptível entre biomassa, biovolume e abundância, no entanto nas amostras a partir das 19h, a biomassa úmida e o biovolume alteraram em maior sincronia. Entre 17h e 19h, onde altos valores de biomassa úmida ocorreram, muitos quetognatos e apendiculárias foram encontrados (Figura 8). Entre 1h e 3h, a densidade de decápodes foi elevada (Figura 8).

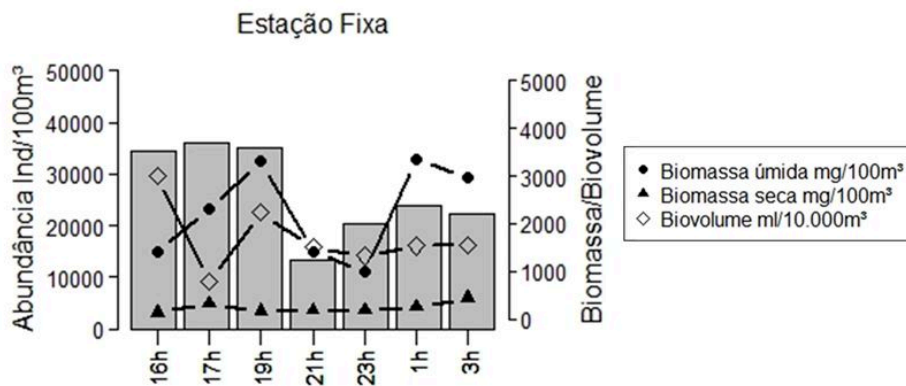


Figura 12. Densidade (ind/100m³), biomassa seca (mg/100m³), biomassa úmida (mg/100m³) e biovolume (ml/10.000m³) obtidos na estação Fixa nos diferentes horários de coleta.

4.6. Larvas de Brachyura

Os maiores valores de abundância de zoés de Brachyura foram verificados nas estações Nordeste (67 ind/100m³) e Oeste (horizontal: 116,8 ind/100m³; vertical: 87,7 ind/100m³) (Figura 13). Nestas, larvas da Superfamília Majoidea foram as mais abundantes, seguidas de outras zoés (não identificadas), megalopas e zoés das espécies *Johngarthia lagostoma* e *Grapsus grapsus*. A região Leste foi a menos abundante enquanto que na Sul, apenas megalopas de braquiúros foram identificadas.

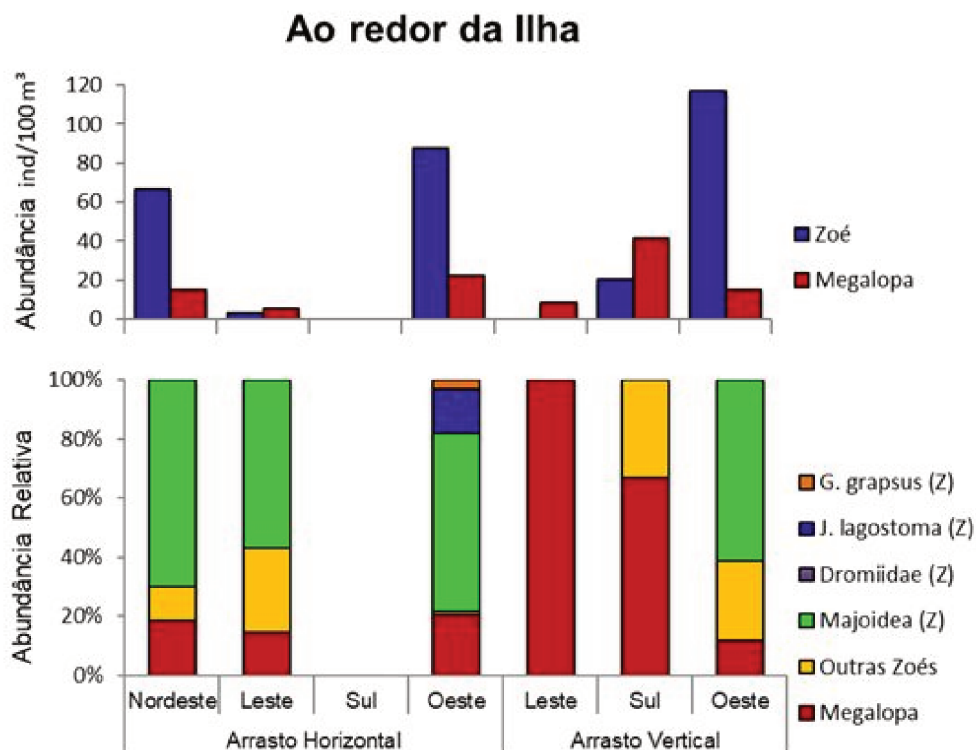


Figura 13. **A.** Abundância total de zoés e megalopas de Brachyura ao redor da Ilha da Trindade nos dois tipos de arrasto. **B.** Abundância relativa dos táxons identificados de Brachyura nas estações ao redor da Ilha em ambos arrastos vertical e horizontal. Z: fase larval de zoé. Outras Zoés - não identificadas.

Na estação fixa verificou-se um aumento considerável de zoés de Brachyura do período diurno para o noturno, elevando a abundância de 60 para 2.110 ind/100 m³. Dentre os táxons identificados, *Johngarthia lagostoma* foi a espécie mais abundante em todas as amostras. *Grapsus grapsus* ocorreu com abundância variável a partir das 19h, Majoidea mostrou um pico de abundância de zoés às 3h da manhã (Figura 14).

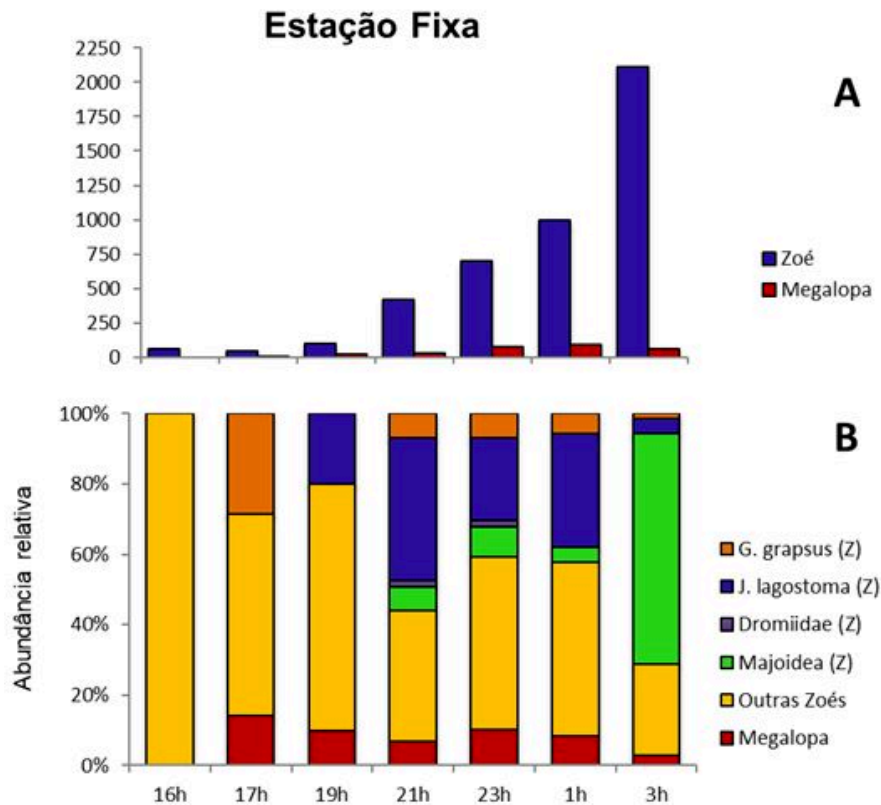


Figura 14. A. Abundância total de zoés e megalopas de Brachyura na estação Fixa. B. Abundância relativa dos táxons identificados de Brachyura na estação Fixa em diferentes horários de coleta. Z: fase larval de zoé. Outras Zoés: não identificadas.

Entre os horários da estação Fixa onde as zoés foram identificadas até o menor nível taxonômico possível (às 17h, 19h, 21h, 1h, 3h), foram identificados 21 diferentes táxons (Tabela 3). A Superfamília Majoidea apresentou a maior riqueza dentro os horários e 100 zoés puderam ser identificadas. Dentro da superfamília Grapsoidea, apesar de ter apenas 3 táxons terem sido vistos, foram identificadas 67 zoés. Foi visto que a riqueza aumentou com os horários, assim como a abundância (Figura 14).

Tabela 3. Táxons de Brachyura identificados na estação Fixa, os valores estão em dados brutos.

Estação/Táxons	17h	19h	21h	1h	3h
Infraordem Brachyura					
Brachyura sp. 1					1
Brachyura sp. 2					1
Brachyura sp. 3					1
Brachyura sp. 4				1	
Brachyura sp. 5					
Família Dromiidae					
Dromiidae spp.			1		
Superfamília Callappoidea					
Callapidae spp.		2	3	3	
Superfamília Majoidea					
Majoidea spp.			1	1	80
Mithracinae sp. 1					
Mithracinae sp. 2				1	
Mithracinae sp. 3				1	
Pisinae sp. 1					3
Pisinae sp. 2				1	4
Pisinae sp. 3			2		2
Pisinae sp. 4					1
Pisinae sp. 5				1	
Epialtus spp.			1		1
Superfamília Portunoidea					
Portuninae spp.	2			13	16
Superfamília Xanthoidea					
Panopeidae spp.	1	4	9	5	
Xanthidae spp.			6	4	
Superfamília Grapsoidea					
Grapsoidea sp. 1				2	
<i>Grapsus grapsus</i>	2		4	4	2
<i>Johngartia lagostoma</i>		2	24	23	6
Megalopas	1	2	4	6	4
Não identificadas	1		4	4	17
Total de Brachyura identificados	7	10	59	70	139
Número de táxons	4	4	10	14	16

5. DISCUSSÃO

A massa de água que ocupa a superfície do Atlântico Sul Tropical, incluindo toda a área de estudo, é a Água Tropical (AT). Ela apresenta salinidade acima de 36 (EMILSON, 1961; MATA, 2017) e água quente que, segundo Emilson (1961) é superior a 25°C e segundo MATA (2017), superior a 20°C. Algumas medidas de salinidade foram diferentes do que o encontrado por esses autores, alcançando um mínimo de 34 tanto na superfície, quanto a 50 m de profundidade ou próximo ao fundo, nas estações mais rasas. Os valores de temperatura ficaram entre 24,5 e 26°C, assim como o esperado para a região.

Em relação a clorofila superficial, uma média de 0,0645 mg/m³ foi vista no presente estudo para as regiões no entorno da Ilha. Este mesmo valor foi visto por Lemos (2018) em estudos de clorofila sobre os montes submarinos próximos à Ilha da Trindade. Como esperado, um valor menor foi encontrado nas estações mais distantes, cerca de 0,0576 mg/m³. Este valor é superior em relação às regiões oceânicas do Oceano Atlântico, onde estima-se que clorofila-a nas águas superficiais seja 0,039 mg/m³ (MEDEIROS et al. 1999). A partir da plotagem da média mensal dos valores de clorofila (maio de 2015) na região da Ilha da Trindade, foi possível mostrar que sua distribuição não é homogênea, mas sim em forma de manchas.

Nas regiões oceânicas tropicais, a produção de fitoplâncton geralmente é baixa devido à forte estratificação da coluna de água (SOUZA et al, 2013). Contudo, interações entre o assoalho submarino e correntes locais podem resultar em ressurgência (RODEN 1991). Esse mecanismo facilitaria a transferência de nutrientes de águas mais profundas para mais superficiais, afetando o crescimento

do fitoplâncton ao redor dos montes submarinos e ilhas (BODE e FERNÁNDEZ 1992; COMEAU et al. 1995). Gove et al (2016) identificou outros importantes fatores que aumentaram a biomassa fitoplanctônica no Pacífico, como geomorfologia da ilha, inclinação batimétrica, área de recife de coral e status da população humana no local. Este fenômeno conhecido por “Efeito Massa de Ilha” é capaz de gerar hotspots biológicos em meio ao árido oceano (GOVE et al, 2016). No presente trabalho não foi possível verificar um aumento na abundância zooplanctônica com a proximidade da Ilha da Trindade, ou seja, não foi possível notar a influência do Efeito Massa de Ilha. Desse modo, parece que a região oceânica a oeste não é influenciada pela presença da ilha em si.

Em relação a comunidade zooplanctônica geral, Schutze et al (1990) em seu estudo realizado sobre a cadeia submarina Vitória - Trindade obteve um valor de abundância numa região próxima a do presente trabalho de 26.100 ind/100m³, este valor é parecido com a média de abundância de todas as estações do Transecto 1 (17.180 ind/100m³ ±10.295 ind/100m³). As estações a 50, 10 e 5 km no Transecto 1A e a 100 km do 1B, foram realizadas no crepúsculo ou a noite e obtiveram valores de abundância um pouco maiores em relação à média geral (21.014 ind/100m³; ± 9.432 ind/100m³). Isto pode ter ocorrido porque o zooplâncton sofre migrações verticais, ou seja, se alimentam na superfície durante a noite e retornam a águas mais profundas durante o dia (BOUGIS, 1974; HANEY, 1988; PEARRE, 2003). Schutze et al (1990) sugere que existe o comportamento de migração vertical para a região. Apesar desses valores mais elevados encontrados nos períodos de crepúsculo e noite, a estação A100 que foi realizada durante o dia, também obteve valores altos de abundância. Sugere-se a ocorrência de algum fenômeno físico no local que resultou na acumulação de organismos, como por exemplo um vórtice. Este fenômeno provoca uma reorganização na distribuição horizontal de clorofila enquanto viaja ao longo do caminho (ARÍSTEGUI et al.,1997). As melhorias na tecnologia de satélite têm

mostrado que redemoinhos, antes considerados raros, são de fato comuns características dos oceanos (CHELTON et al. 2007, 2011).

Apesar da baixa abundância zooplanctônica das regiões oceânicas, uma grande diversidade de táxons está presente (BOLTOVSKOY, 1981). O zooplâncton exibe uma grande diversidade de formas, tamanhos, capacidade de natação e métodos de alimentação. Essa variedade de características e sua ampla distribuição geográfica faz do zooplâncton uma comunidade heterogênea (PALMA & KAISER, 1993). Assim como no presente estudo, Schutze et al (1990) e Vannucci & Almeida Prado (1959) constataram que existe uma dominância de copépodes, e grande representatividade de quetognatos e apendiculárias na região, que são táxons típicos da Corrente do Brasil (CB). No entanto, os mesmos autores verificaram que ostracodas estiveram entre os táxons mais abundantes, o que não foi visto no Transecto 1. Alguns táxons tiveram baixa abundância em ambos os estudos, como cladóceras, decápodes e ovos e larvas de peixes.

Como supracitado, esperava-se encontrar um gradiente de aumento de abundância zooplanctônica com a diminuição da distância das estações de coleta em relação à Ilha da Trindade, o que não foi verificado. No entanto, parece que as características do Efeito Massa de Ilha ficaram um pouco mais evidentes levando em consideração as estações realizadas nas zonas costeiras. No Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), foi verificado que a comunidade zooplanctônica não é a mesma a 2 km de distância do arquipélago (MELO et al, 2014). Na Ilha da Trindade, distâncias ainda mais curtas parecem provocar uma mudança na comunidade. Isso ficou claro com o resultado do MDS, onde três grupos foram formados. No primeiro, ficaram as amostras que sofrem maior influência da Ilha que são as da estação Fixa, coletadas na isóbata de 18m, ou seja, muito próximas a Ilha. Além destas, o arrasto horizontal da estação à Oeste da Ilha também entrou neste grupo, possivelmente por estar na área mais protegida da região costeira. Os grupos 2 e 3 englobaram as demais amostras, tanto do Transecto 1

quanto ao redor da Ilha, próximas a isóbata de 50m, mostrando que uma pequena distância de amostragem em relação à Ilha já resulta numa comunidade com características mais oceânicas e menos costeiras. A primeira com maior representatividade de holoplâncton e a segunda, de meroplâncton.

As estações realizadas ao redor da Ilha apresentaram resultados bem diferentes entre si. Os lados oeste e nordeste da ilha da Trindade são os menos agitados. O lado Nordeste ainda recebe influências da corrente predominante, já o lado Oeste é mais abrigado dos ventos e correntes e só fica agitado em grandes tempestades (CALLIARI et al, 2017). A abundância e composição nos dois locais foram semelhantes. A maior abundância de meroplâncton, especialmente larvas de braquiúros, foi vista no lado oeste, com 235 ind/100m³ no total dos dois arrastos. Este valor foi muito superior em relação as outras estações ao redor da Ilha. Sendo assim, possivelmente existe uma preferência destes organismos pela região. Esta concentração das larvas de decápodes em locais mais calmos e protegidos também foi vista em ASPSP onde sugeriu-se que as larvas possuem um mecanismo de retenção larval (KOETTKER et al, 2010; BRANDÃO et al 2012). Provavelmente os decápodes da Ilha da Trindade possuem este mesmo mecanismo. As ilhas oceânicas normalmente apresentam zonas de retenção costeira que permitem a manutenção das larvas perto de seus locais de nascimento (LANDEIRA et al. 2009).

Já a região a Leste da Ilha tende a ser mais agitada pois está no fluxo das principais correntes que chegam na Ilha, que variam entre os quadrantes N/NE e S/SE. Esta região apresentou baixos valores de abundância e riqueza de táxons, sem representatividade de meroplâncton. Em ASPSP, Melo et al (2014), obteve resultados parecidos e também relacionou com o fato de a estação de coleta estar na direção do fluxo da corrente (ARAUJO & CINTRA, 2009), podendo causar uma homogeneização da comunidade neste setor (MELO et al 2014). Por outro lado, região Sul obteve valores de abundância zooplanctônica considerados muito altos,

170.000 ind/100m³. Este valor é típico para plataforma continental, entre a parte mais rasa e a isóbata de 100m (SARTORI & LOPES, 2000; MIYASHITA et al. 2009; BRANDINI et al. 2014; Dias et al. 2015). Sugere-se que alguns fatores locais contribuam com essa abundância. Como a praia desta região é em formato de enseada e a corrente e os ventos apresentam a direção S/SE com frequência (CALLIARI, 2017), a interação das correntes com a topografia podem facilitar a geração de vórtices, como visto por diversos autores (ARAUJO & CINTRA, 2009; BARTON et al.; 1998). Apesar de não haver estudos no local que comprovem isso, um indício de que ao menos algum fenômeno físico ocorre é que a praia da região, denominada “Praia do Lixo”, sofre com grande acumulação de resíduos sólidos, como garrafas plásticas e boias sinalizadoras, indicando a existência de algum mecanismo que promova o direcionamento e acumulação no local (ANEXO A). Por fim, é possível relacionar também estes valores de abundância também com a Ilha do Sul. Esta Ilha é interligada com a Praia do Lixo e é um importante local de nidificação do Petrel-de-Trindade (*Pterodroma arminjoniana*)(Giglioli & Salvadori, 1869) (LUIGUI, 2009) (ANEXO E). Assim, há grande acumulação de guano, que é um material rico em nitrogênio e fósforo, e quando chove, esses nutrientes inorgânicos que são necessários para o crescimento e a reprodução do fitoplâncton (SOUZA et al, 2013), ficam disponíveis (CASTRO et al, 2012) intensificando o efeito massa de ilha. Assim como na estação Leste, a abundância de organismos meroplânctônicos foi baixa na região Sul. Nesta, mesmo com toda a abundância, não foi identificada nenhuma larva de braquiúro no arrasto horizontal. Por outro lado, no vertical houve um pico de megalopas, com valores semelhantes ao obtido nas estações noturnas da estação fixa. Para estudos futuros, sugere-se que sejam realizadas coletas em algumas distâncias ao Sul da Ilha da Trindade.

Como comprovado pela análise multivariada (MDS), a estação fixa foi diferente das demais. As espécies deste local podem estar sendo fortemente

influenciadas pela presença da proximidade da Ilha, já que apresentam uma maior representatividade dos organismos meroplânctônicos. Entre 21 e 3h, ocorreu grande abundância de braquiúros e outros decápodes, enquanto que a abundância dos organismos holoplânctônicos foi mais alta nos primeiros horários, das 16 às 19h, ou seja, no crepúsculo/noite. O aumento na abundância geral é esperado para os horários noturnos já que o zooplâncton apresenta o mecanismo da migração vertical que além de ser influenciada pela intensidade luminosa, também é uma combinação complexa de níveis de tolerância específicos (FERNÁNDEZ-A'LAMO & FAEBER-LORDA, 2006), que em conjunto com as funções vitais de cada organismo (LEVINTON, 1995), afeta suas relações tróficas (como acessibilidade a comida e fuga de predadores) (FROST & BOLLENS, 1992; INCZE et al., 2001) e suas estratégias de dispersão (EPIFANIO, 1988). Esta alta abundância de larvas de decápodes durante a noite também foi vista em ASPSP, sendo que no local mais protegido a abundância foi 12.827 ± 15.173 ind/100 m³ e nos locais menos protegidos ficou entre 120 e 220 ind/100m³ (KOETTKER et al, 2010). Os valores na Ilha da Trindade ficaram entre os dois locais estudados em ASPSP, sendo estes, o local mais protegido (dentro da enseada) e os locais com distância ≥ 200 m da Ilha, pois a região é semi-protegida, e pode ter sido influenciada também pela fase da Lua ou simplesmente por apresentarem diferentes tamanhos de população. Como uma grande parte das larvas estavam em estágio inicial de desenvolvimento, pode ser que estivesse ocorrendo desova no local (KOETTKER, 2008).

Um levantamento recente das espécies de crustáceos decápodes adultos identificados na Ilha da Trindade e Martim Vaz apontou a ocorrência de 20 espécies de Brachyura (TAVARES et al, 2017a). No presente trabalho, a partir de uma identificação minuciosa de larvas de Brachyura de apenas cinco amostras, foi possível identificar 23 táxons. A superfamília Majoidea apresentou a maior riqueza e abundância entre as larvas identificadas, dentre os mais de 80

exemplares adultos de espécies de Majoidea já identificadas na costa brasileira (SANTANA, 2013), apenas dois foram identificados na Ilha da Trindade (TAVARES et al, 2017a). Como neste trabalho foram identificadas nove morfotipos, ainda há muito a ser descoberto na Ilha. Em termos de espécie, *Johngarthia lagostoma* foi a mais abundante (ANEXO F). Ela é endêmica entre as ilhas oceânicas brasileiras e Ilha de Ascensão (HARTNOLL et al, 2010). Ademais, ressalta-se que, devido a dificuldade na identificação das larvas de braquiúros, a riqueza de táxons encontrada foi subestimada.

Uma outra maneira de se estudar a comunidade zooplanctônica é através das medições de biomassa por meio do peso úmido. Assim, ela pode ser utilizada para suplementar e complementar, mas não substituir a abundância numérica e composição taxonômica (MELO JUNIOR et al, 2007). No entanto, a realização de comparações de biomassa zooplanctônica entre estudos é difícil devido aos diferentes métodos de amostragem e estimativas que podem influenciar nas medições deste parâmetro (MELO JUNIOR et al, 2007). Ambientes oceânicos tipicamente apresentam valores de biomassa zooplanctônica bem menores em comparação com regiões costeiras e quebras de plataforma (RAKHESH et al, 2006). Contudo, áreas com importantes características morfológicas se destacam como locais onde a biomassa valores são geralmente mais altos (GOVE et al, 2016).

Nas estações ao redor da Ilha, as biomassas mais baixas foram obtidas nas estações LH (0,27 mg/m³) E LV (4,24 mg/m³) e as mais altas na NEH (20,91 mg/m³) e na SV (67,98 mg/m³ mg/m³). Esses valores são condizentes com as abundâncias de tais regiões, mas no geral foram menores do que as encontradas em ASPSP. Melo et al (2012) encontraram valores de biomassa variando entre 24 mg/m³ e 128 mg/m³, estes valores foram semelhantes aos encontrados por Martin & Christiansen (2009) no monte submarino Ampere (50–80 mg/m³) no Atlântico Nordeste. No entanto, nos dois estudos foram utilizadas redes de malha de 300

micrômetros. Em todas as estações onde a abundância do arrasto horizontal foi maior do que a abundância no vertical, o valor da biomassa no vertical acabou sendo maior, com exceção da estação B100. Apesar deste padrão inesperado, isso pode indicar que organismos pesados estivessem em estratos inferiores e os menores na superfície.

Em relação ao biovolume, na região de Ubatuba, os valores são comumente entre 1 e 6 ml/m³ em águas rasas, já em áreas offshore, pode ser menores que 0,5ml/m³ (> 100 m de isóbatas, VEGA-PÉREZ 1993; CODINA 2003). No presente trabalho a maior parte das amostras obtiveram valores próximos a 0,5 ml/m³. As estações que obtiveram valores aproximadamente entre 1,5 e 2 ml/m³ foram a A100 e a Sul que foram coletadas em locais onde sugeriu-se que sofrem alguma influência física forte; a B100 que é onde foram capturados copépodes grandes, possivelmente da termoclina; e seis dos sete horários da estação Fixa, que foram coletadas bem próximas à Ilha onde, até mesmo nas estações com menores abundâncias, o biovolume foi alto possivelmente pela quantidade de decápodes, que são organismos mais volumosos.

Por fim, vale ressaltar que as condições oceanográficas e meteorológicas, bem como a distribuição e composição da comunidade zooplanctônica no momento em que as coletas ocorreram, não necessariamente correspondem a um padrão geral destes locais. Mais estudos a fim de compreender a comunidade acerca da Ilha da Trindade devem ser realizados, assim como estudos a respeito da ecologia larval. Este estudo poderá servir como base para os trabalhos que ocorrerão nos próximos anos, novas amostragens estão sendo realizadas dentro do projeto.

5.CONCLUSÕES

Agregados de zooplâncton nas águas adjacentes à região de acúmulo de lixo e nidificação de aves sugerem a ocorrência de mecanismos de circulação diferenciados e enriquecimento do lado Sul da ilha da Trindade.

O ambiente terrestre, entre-marés e recifal fornece grande quantidade de energia na forma de larvas de decápodes para as águas rasas(< 20 metros).

Diferenças na composição zooplancônica entre regiões próximas à Ilha e a região oceânica não ficaram estatisticamente comprovadas. No entanto, os resultados mostram que há diferença. Mais estudos são necessários para entender essa relação.

A relação entre a existência de agregados de biomassa fitoplanctônica e agregados de zooplâncton em diferentes distâncias da ilha necessita de maiores estudos.

A identificação das larvas de braquiúros revelou uma diversidade maior do que a relação atual de espécies catalogadas na Ilha da Trindade e mostrou a importância da desova noturna e migração vertical na estratégia de reprodução dos adultos e da vida planctônica, com maior evidência no lado Oeste da Ilha.

Como forma de melhor investigar as diferenças entre as regiões mais oceânicas, as diferentes regiões ao redor da Ilha e o efeito massa de ilha, devem ser realizados mais transectos radiais no entorno da mesma e obtenção de dados sinópticos de vento e correntes, além de detalhamento da estrutura da coluna de água. Além disso, é preciso que seja realizado coletas nictemerais em diferentes períodos do ano e fases lunares a fim de descobrir quais táxons realizam a migração noturna e quando as desovas ocorrem.

Por fim, o presente trabalho apresenta um cenário do que antes era desconhecido e poderá contribuir com estudos futuros no local. Assim, será possível entender mais a respeito da ecologia e biodiversidade da Ilha da Trindade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. 1961. Ilha da Trindade. Relatório anual do Diretor da Divisão de Geologia e Mineralogia, ano de 1960. Rio de Janeiro: 175-178.

ARAUJO, M. & CINTRA, M. 2009. Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. **In:** HAZIN, F.H.V. (Ed), O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 anos de Estação Científica, Brasília: SECIRM. p. 107-114.

ARÍSTEGUI, J.; TETT, P.; HERNANDEZ-GUERRA, A.; BASTERRETXEA, G.; MONTERO, M. F. ; WILD, K. et al. 1997. The influence of island generated

- eddies on chlorophyll distribution: a study of mesoscale variation around Gran Canaria. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 44:71–96.
- ANGER, K.** 2001. *The Biology of Decapod Crustacean Larvae*, Lisse: A.A. Balkema Publishers. 419p.
- AYRES, M.; AYRES Jr. M.; AYRES, D.L., Santos, AS.** (orgs). 2005. *Biostat 4.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. 4ª ed. Belém: Sociedade Civil de Mamirauá. p. 324
- BARTON, E. et al.** 1998. The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Prog. Oceanogr.* 41, 455–504.
- BRANDÃO, M.C.; KOETTKER, A.G. & FREIRE, A.S.** 2012a. Distribution of Decapod larvae in the surface layer of an isolated equatorial oceanic archipelago: the cases of benthic *Grapsus grapsus* (Brachyura: Grapsidae) and pelagic *Sergestes edwardsi* (Dendrobranchiata: Sergestidae). *Helgoland Marine Research*, 67: 155-165.
- BRANDÃO, M.C.; KOETTKER, A.G. & FREIRE, A.S.** 2012b. Abundance and composition of decapod larvae at Saint Paul's Rocks (equatorial Atlantic). *Marine Ecology*. 34: 171-185.
- BRANDINI, F.; NOGUEIRA, M. Jr.; SIMIÃO, M. et al.** 2014. Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight. *Cont Shelf Res*, 89:61–75
- BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K.S.; SPACH, H.L.; SASSI, R.** 1997. *Planctologia na Plataforma Continental do Brasil. Diagnose e revisão bibliográfica*. Pontal do Sul: CEMAR/ MMA/ CIRM/ FEMAR. 196 p.
- BODE, A. & FERNÁNDEZ E.** 1992. Influence of water column stability on phytoplankton size and biomass succession patterns in the Central Cantabric Sea (Bay of Biscay). *J. Plankton Res.* 14: 885-902.

- BOEHLERT, G.W. & GENIN, A.** 1987. A review of the effects of seamounts on biological processes. In: KEATING B.H., FRYER P., BATIZA R. & BOEHLERT G.W. (Eds), Seamounts Islands and Atolls: American Geophysical Union Washington, p. 319-334.
- BOEHLERT, G.W. & MUNDY, B.C.** 1993. Ichthyoplankton assemblages at seamounts and oceanic islands. *Bulletin of Marine Science*, 53(2): 336–361.
- BOLTOVSKOY, D. (ed.)** 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Mar del Plata: INIDEP.
- BORCARD et. al.** 2011. Numerical Ecology with R. New York: Springer. 306 p.
- BOUGIS, P.** 1974. Ecologie du plancton marin. Tome II—Le zooplancton. Collection D'écologie. Paris. Masson et Cie, (2), 196 p.
- CALADO, L.** 2006. Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ. Tese de doutorado. USP, Instituto Oceanográfico. 159 p.
- CALLIARI, L. J.; MACHADO, A. A.; PINHEIRO, Y. G.; COSTA, R. L.; NICOLodi, J. L.; BIOLCHI, L. G.** 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/SECIRM. Brasília. p. 81-87
- CASTRO, J.W.A.** 2009. Geologia Ambiental das Ilhas Oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, Brasil. In: CASTRO, J.W.A. (Orgs). Ilhas Oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas cap. 1, (2) 33-54
- CASTRO, P.** 2012, Recursos do mar. In: CASTRO P., HUBER M.E. (orgs). *Biologia Marinha*, 8ª ed., p. 393

- CHELTON, D.B.; GAUBE, P., SCHLAX, M. G.; EARLY J. J.; SAMELSON, R. M.** 2011. The influence of nonlinear mesoscale eddies on nearsurface oceanic chlorophyll. *Science*, 334 (80):328–333.
- CHELTON, D.B.; GAUBE, P., SCHLAX, M. G.; SAMELSON, R. M; SZOEKE R.A.** 2007. Global observations of large oceanic eddies. *Geophysical Research Letters*, 34: 2257.
- CODINA, J.C.U.** 2003. Dinâmica sazonal das larvas de moluscos na plataforma continental interna do Paraná – Brasil. Dissertação- Universidade Federal do Paraná.
- COMEAU, L.A.; VEZINA, A.F.; BOURGEOIS, M.; JUNIPER, S.K.** 1995. Relationship between phytoplankton production and the physical structure of the water column near Cobb Seamount, northeast Pacific. *Deep-Sea Research Part I*. 42 (6): 993-1005.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M.** 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. PRIMER-E, Ltd. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth, (2).
- DOTY, M.S. & OGURI, M.** 1956. The island mass effect. *Journal of the International Council for the Exploration of the Sea*, 22: 33 – 37.
- EMÍLSON, I.** 1961. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. São Paulo, 17(2):101-112.
- EPIFANIO, C.E.** 1988. Dispersal strategies of two species of swimming crab on the continental shelf adjacent to Delaware. *Marine Ecology Progress Series*. 49, 243–248.
- EVANS D.L.; SIGNORINI S.R.; MIRANDA L.B.** 1983. A note on the transport of the Brazil Current. *J. Phys. Oceanogr.*, 13(9): 1732-1738.
- FERNÁNDEZ-A´LAMO, M.A. & FARBER-LORDA, J.** 2006 Zooplankton and the oceanography of the eastern tropical Pacific: a review. *Progress in Oceanography*, 69: 318–359.

- FRAGOSO, M.R.** 2004. Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. P. 173.
- FROST, B.W. & BOLLENS, S.M.** 1992. Variability of diel vertical migration in the marine planktonic copepod *Pseudocalanus newmani* in relation to its predators. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 49, 1137–1141.
- GENIN, A.** 2004. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies. *J Marine Syst*, 50: 3-20.
- GIFFORD D.J. & CARON. D.A.** 2000. Sampling, preservation, enumeration and biomass of marine protozooplankton. In HARRIS R.; WIEBE P.; LENZ J.; SKJOLDAL H.R.; HUNTLEY M.(ed). *Zooplankton methodology manual*. 1^a ed. London: Academic Press, 193–221.
- GOVE, J. M. et al. 2016.** Near-island biological hotspots in barren ocean basins. *Nature communications*, 7: 10581.
- HARTNOLL, R.G. et al.** 2010. Reproduction in the land crab *Johnngarthia lagostoma* on Ascension Island. *Journal of Crustacean Biology*, 30 (1): 83-92.
- HANEY, J.F.** 1988. Diel patterns of zooplankton behaviour. *Bulletin of Marine Science*, 43: 583–603.
- INCZE, L.S.; HEBERT, D.; WOLFF, N.; OAKLEY, N.; DYE, D. 2001.** Changes in copepod distributions associated with increased turbulence from wind stress. *Marine Ecology Progress Series*, 213: 229–240.
- KOETTKER, A.G.; LOPES, M.R.** 2013. Meroplankton spatial structure and variability on Abrolhos Bank and adjacent areas, with emphasis on brachyuran larvae. *Continental Shelf Research*, 70: 97–108.
- KOETTKER, A.G.; FREIRE, A.S. & SUMIDA, P.Y.G.** 2010. Temporal, diel and spatial variability of decapod larvae from St Paul's Rocks, an equatorial oceanic

island of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 1227-1239.

KOETTKER, A.G. 2008. Composição, densidade e variação espaço-temporal de larvas de decápodes e estomatópodes do arquipélago de São Pedro e São Paulo, Brasil. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KOETTKER, A.G.; SUMIDA, P.Y.G; RUBENS, M.L. & FREIRE, A.S. 2012. Illustrated key for the identification of the known zoeal stages of brachyuran crabs (Crustacea: Decapoda) from tropical and subtropical Brazil, southwestern Atlantic. *Zootaxa*, 3204: 1–19.

LANDEIRA, J.M.; LOZANO-SOLDEVILLA, F.; HERNÁNDEZ-LEÓN, S. & BARTON, E. D. 2009. Horizontal distribution of invertebrate larvae around the oceanic island of Gran Canaria: the effect of mesoscale variability. *Scientia Marina*, 73:761-771.

LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. F. J. 2012 .Elsevier, - Science. 3: 990 p..

LE MOS, A.T.; GHISOLFI, R.D.R. & MAZZINI, P.L.F. 2018. Annual phytoplankton blooming using satellite-derived chlorophyll-a data around the Vitória-Trindade Chain, Southeastern Brazil. *Oceanographic Research Papers*, 136: 62-71

LEVINTON, J.S. 1982. *Marine ecology*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. p. 526.

LEVINTON, J.S. 1995. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. Oxford University Press, INC., New York: Oxford University Press, p. 423.

LINNAEUS, C. 1758. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. 10(1): 824.

LUIGUI, G.; BUGONI L.; NETO F.P.F.; TEIXEIRA D.M. 2009. In: MOHR, V. L.; CASTRO J.W.A.; COSTA, P.M.S.; ALVES, J.V. (Orgs e ed.). *Ilhas Oceânicas*

brasileiras: da pesquisa ao manejo. v. 2. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas cap. 1, 33-54.

MARAFON, A. A.; PEREIRA, J. B.; FERNANDES, L.F.L. 2016. Distribution of the species of *Lucifer* Thompson, 1829 in the subtropical South Atlantic between parallels 20° and 30°s. *Brazilian Journal of Oceanography*. (64) 217-226.

MARTIN, B. & CHRISANSEN, B. 2009 Distribution of zooplankton biomass at three seamounts in the NE Atlantic. *Deep-Sea Research. Part II: Topical Studies in Oceanography*. 56, 2671–2682.

MATA, M. M.; CIRANO, M.; CASPEL, M. V. 2017. Aspectos da circulação oceânica e sua variabilidade no entorno da Cadeia Submarina Vitória-Trindade. In: Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. Protrindade: programa de pesquisas científicas na Ilha da Trindade. 10 anos de pesquisas/SECIRM. Brasília, 35-40.

MELO, P.A.M.C.; DIAZ, X.F.G.; MACEDO, S.J.; NEUMANN, S. L. 2012. Diurnal and spatial variation of the mesozooplankton community in the Saint Peter and Saint Paul Archipelago, Equatorial Atlantic. *Mar. Biodivers. Rec.*, (5) 1-14.

MELO JUNIOR, M.; PARANAGUÁ, M.N.; SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITÃO, S.; EKAU, W. 2007. Fluxes of zooplankton biomass between a tidal estuary and the sea in Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanographic*, 55(4): 239-249.

MELO, P.A.M.C.; MELO JÚNIOR, M.; MACÊDO, S.J.; ARAUJO, M.; NEUMANN, S. L. 2014. Copepod distribution and production in a Mid-Atlantic Ridge archipelago. *An. Acad. Bras. Ciênc.* (86):1719-1733.

MILNE, EDWARDS H. 1837. Histoire naturelle des crustacés, comprenant l'anatomie, la physiologie et la classification de ces animaux. Atlas. Paris. (2)1-532.

- MIYASHITA, L.K.; MELO JUNIOR, M.; & LOPES R.M.** 2009. Estuarine and oceanic influences on copepod abundance and production of a subtropical coastal area. *Journal of Plankton Research*, 31:815-826.
- NEUMANN, S.L.; SANT'ANNA, E. M. E.; GUSMÃO, L.M.O.; VIEIRA, D.A.N.; PARANAGUÁ, M. N.; SCWAMBORN, R.** 2008. Diversity and distribution of the mesozooplankton in the tropical Southwestern Atlantic. *Journal of Plankton Research*. 30: 795–805.
- OKSANEN et al.** 2015. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-4. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- PALMA, S. and KAISER K.** 1993. Plancton marino de Águas chilenas. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- PARANAGUA, M.N.; NASCIMENTO D.A.V.; GUSMÃO L.M.O.; NEUMANN S.L. & SCHWAMBORN, R.** 2004. Estrutura da comunidade zooplanctônica. In: ESKINAZI-LECA E., NEUMANN-LEITÃO S. & COSTA M.F.(orgs) Oceanografia: um cenário tropical. Recife, 441–458.
- PEARRE, S.J.** 2003. Eat and run? The hunger/stiation hypothesis in vertical migration: history, evidence and consequences. *Biological Reviews*, 78: 1–79.
- PEDROSO D.; PANISSET J.S.; ABDO L.B.** 2017. Climatologia 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/SECIRM. Brasília, 27-34.
- PICHERAL, M.; COLIN, S.; IRISSON, J.O.** 2017. EcoTaxa, a tool for the taxonomic classification of images. Acesso disponível em <http://ecotaxa.obs-vlfr.fr>.
- PINTO, N.C.T.; MAFALDA, P.; SANTOS, A.T.** 1997. Caracterização do zooplâncton da Reserva Biológica do Atol das Rocas na Campanha de março-1991(verão). *Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE*. 25: 31-46.

- RAKHESH, M.; RAMAN, A.V., SUDARSAN, D.** 2006. Discriminating zooplankton assemblages in neritic and oceanic waters: A case for the nothwest coast of India, Bay of Bengal. *Marine Enviromenatl Research*. 61: 93-109.
- ROGERS, A. D.** 1994. The biology of seamounts. *Adv Mar Biol*. 30: 305-350
- SANTANA, C.S. et al.** 2018. Spatio-temporal variation of planktonic decapods along the leeward coast of the Fernando de Noronha archipelago, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. São Paulo. 66:1-14.
- SANTANA, W.R.A.** 2013. Biodiversity and endemic patterns of Majoidea (Crustacea, Decapoda, Brachyura) in Brazil. *Science of the Amazon*. FAPESP.
- SARTORI, L.P. & LOPES, R.M.** 2000. Seasonal variability of pelagic copepod assemblages on the inner continental shelf off Paraná, Brazil. *Nauplius*, 8(1): 79–88
- SCHIMID, C.; SCHÄFER, H.; PODESTÁ, G. & ZENK, W.** 1995. The Vitória Eddy and Its Relation to the Brazil Current. *Journal of Physical Oceanography*, 25: 2532- 2546.
- SCHNACK-SCHIEL, S.B.; MIZADALSKI, E. & CORNILS, A.** 2010. Copepod abundance and species composition in the eastern subtropical/tropical Atlantic. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 57: 2064–2075.
- SCHUTZE, M.L.M.; VELHO, L.F.M. & RAZOULS, C.** 1991. Estudo quantitativo do zooplâncton da cadeia de montanhas submarinas Vitória-Trindade Campanha MD-55/Brasil. *Univ. Fed. Pernambuco*. Recife. 305-328.
- SILVEIRA, I.C.A.; SCHMID, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI S.S.; IKEDA Y.** 2000. The Brazil Current off the Eastern Brazilian Coast. *Revista Brasileira de Oceanografia* 48(2): 171–183.
- SOUZA, C.S., LUZ, J.A.G., MACEDO, S., MONTES, M.J.F., MAFALDA, P.** 2013. Chlorophyll a and nutrient distribution around seamounts and islands of the tropical South Western Atlantic. *Mar. Freshw*, 64:168-184.

- STOCCO, L.B.; JOYEUX, J.C.** 2015. Distribution of fish larvae on the Vitória-Trindade Chain, southwestern Atlantic. *Check List*, 11 (2): 1590.
- STRAMMA, L.** 1991. Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic. *Journal of Marine Research*, 49: 281-294.
- TAVARES, M.; CARVALHO, L. & MENDONÇA, J.B.** 2017a. Towards a review of the decapod Crustacea from the remote oceanic archipelago of Trindade and Martin Vaz, south Atlantic Ocean: New records and notes on ecology and zoogeography. *Papeis Avulsos de Zoologia*, 57: 157-176.
- TAVARES, M. & MENDONÇA JÚNIOR, J.B.** 2017b. 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/SECIRM. Brasília. 91-98.
- VANNUCCI, M., ALMEIDA PRADO, M.S.** 1959. Sobre as coletas de plâncton na II e IV viagens no N/Oc. "Almirante Saldanha". *Contrib Avulsas Inst Oceanogr*, 1:1-16.
- VEGA-PÉREZ, L.A.** 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. *Publicação esp. Inst. Oceanogr.*, 10: 65-84.
- WICKSTEAD, J.H.** 1976. Marine zooplankton. *The Institute of Biology's Studies in Biology*. Edward Arnold. London. 62: 60.

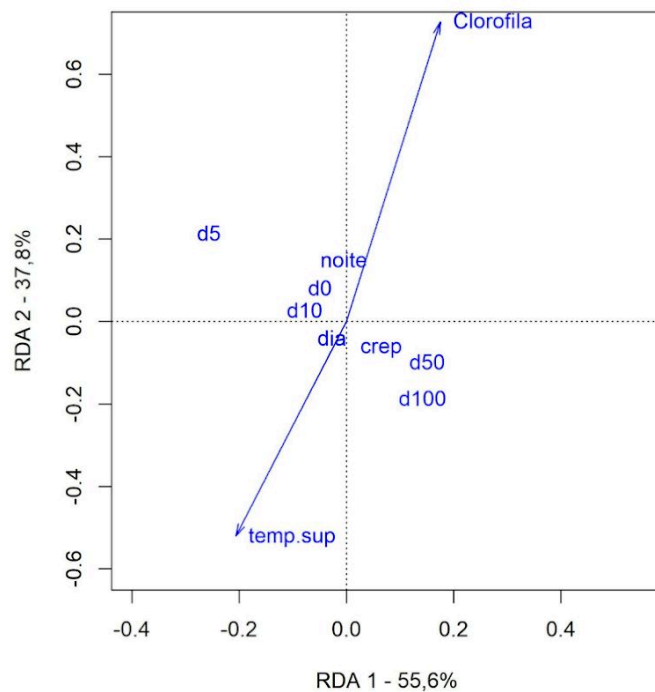
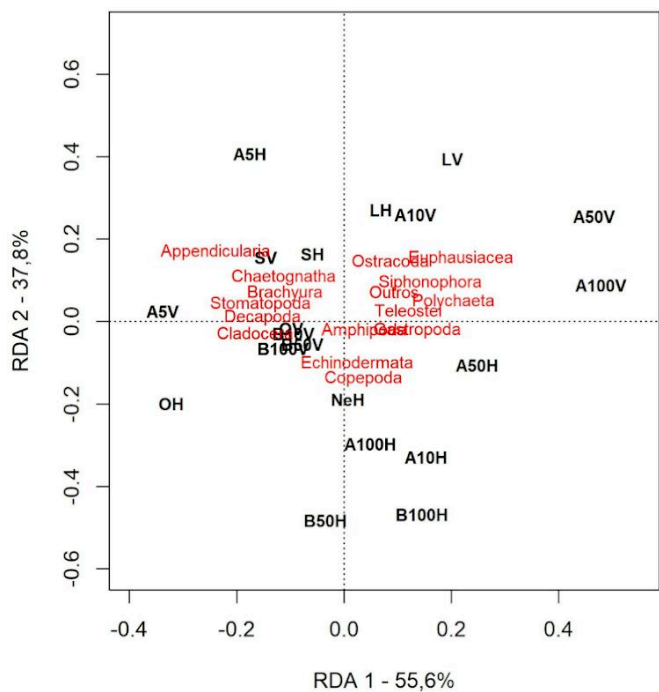
APÊNDICE A

Informações sobre as variáveis obtidas em cada estações de pesquisa, incluindo o dia da coleta (todas em maio de 2015), horário (oficial de Brasília), local, profundidade local e de amostragem do arrasto vertical de zooplâncton, volume de água filtrada em cada arrasto, profundidade da zona eufótica (obtida apenas nas estações diurnas), salinidade e temperatura superficiais e do meio (correspondente à metade da profundidade de coleta) e clorofila a superficial. Células vazias: variável não medida.

Estação	Dia da coleta	Hora inicial	Prof. local (m)	Prof. coleta (m)	Volume filtrado (m³)	Prof. da zona eufótica (m)	Salinidade superficial	Salinidade Meio	Temp. Superficial (°C)	Temp. Meio (°C)	Clorofila (mg/m³)
A100V	24	13:35	4900	100	20,13	67,5	34,5	34,5	26	26	0,0552
A100H	24	13:50	4900		75,49	67,5	34,5	34,5	26	26	0,0552
A50V	24	16:30	4800	100	24,8		37	38	25	25	0,0630
A50H	24	17:10	4800		68,61		37	38	25	25	0,0630
A10V	24	19:45	600	100	22,51		37	37	25	25	0,0607
A10H	24	20:25	600		63,77		37	37	25	25	0,0607
A5V	24	20:50	400	80	24,24		37	36	25	25	0,0587
A5H	24	21:10	400		83,44		37	36	25	25	0,0587
16h	27	16:00	18	13	1,67		34		25	25	0,0635
17h	27	16:45	18	13	12,52		34		25	25	0,0635
19h	27	19:00	18	13	8,96		38		25	25	0,0635
21h	27	21:00	18	13	13,15		37		25	25	0,0635
23h	28	23:00	13,3	8	7,53		38		25	25	0,0635
1h	28	01:00	13,3	8	6,51		38		25	25	0,0635
3h	28	03:00	13,7	8	6,4		37		24,5	24,5	0,0635
NeH	28	04:53	60		146,43		37		25	25	0,0635
LV	28	05:30	70	60	11,98	45,9	37	37	25	25	0,0690
LH	28	05:52	70		107,22	45,9	37	37	25	25	0,0690
SV	28	06:35	56	40	4,86	56	37	37	25	25	0,0647
SH	28	07:05	60		108,48	56,7	37	37	25	25	0,0647
OV	28	08:05	68	40	19,69	54	34	36	25,5	25,5	0,0606
OH	28	08:30	115		120,86	54	34	36	25,5	25,5	0,0606
B10V	28	09:50	4000	100	15,85	32,4	34	34	26	25,5	0,0583
B10H	28	10:16	4000		118,93	32,4	34	34	26	25,5	0,0583
B50V	28	12:25	4000	100	24,87	54	34	34	26	25,5	0,0524
B50H	28	12:54	4000		138,77	54	34	34	26	25,5	0,0524
B100V	28	16:07	4900	80	22,15	51,3	37	37	25,5	25,5	0,0546
B100H	28	16:40	4900		138,92	51,3	37	37	25,5	25,5	0,0546

APÊNDICE B

Diagrama fatorial resultante da Análise de Redundância (RDA) utilizando as variáveis numéricas: Temperatura (temp. sup), Clorofila; variáveis categóricas: Horário: dia, noite e crep; distâncias: d100, d50, d10 e d5.



ANEXO A

Praia do Lixo, Ilha da Trindade.



ANEXO B

Trabalho no convés e arrasto horizontal de plâncton ao largo da Ilha da Trindade.



ANEXO C

Equipamento Zooscan.



ANEXO D

Método tradicional de identificação em microscópio estereoscópio.



ANEXO E

Local de nidadação do Petrel-de-Trindade (*Pterodroma arminjoniana*), na Ilha do Sul.



ANEXO F

Larvas zoés de (A) *Grapsus grapsus* (ZI e ZII) e (B) *Johngarthia lagostoma* (ZI), coletadas no entorno da Ilha da Trindade.

