



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituto de Biologia

Departamento de Biologia Marinha

**Distribuição espacial da megafauna bentônica costeira da Baía do
Almirantado, Ilha Rei George, Antártica: estabelecimento de uma linha de
base para programas ecológicos de longa duração**

Gabrielle Fontes Schoene

Rio de Janeiro

Janeiro de 2019

Distribuição espacial da megafauna bentônica costeira da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica: estabelecimento de uma linha de base para programas ecológicos de longa duração

Gabrielle Fontes Schoene

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia Marinha como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas - Modalidade Biologia Marinha – Instituto de Biologia – UFRJ.

Orientadora: Helena Passeri Lavrado

Co-orientadora: Adriana Galindo Dalto

Rio de Janeiro

Janeiro de 2019

Essa monografia foi realizada no Laboratório de Benthos (Departamento de Biologia Marinha) e no Laboratório de Botânica Marinha/INCT-Antártico de Pesquisas Ambientais (Departamento de Botânica) da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Orientadora:

Prof^a. Dra. Helena Passeri Lavrado

Co-orientadora:

Dra. Adriana Galindo Dalto

Schoene, Gabrielle Fontes

Distribuição especial da megafauna bentônica costeira da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica: estabelecimento de uma linha de base para programas ecológicos de longa duração./Gabrielle Fontes Schoene - Rio de Janeiro: UFRJ / Instituto de Biologia, 2019.

i – xvi, 62 pp.

Orientadoras: Helena Passeri Lavrado e Adriana Galindo Dalto.

Monografia (Projeto final de curso) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha, Rio de Janeiro, RJ – BR, 2019.

1. Bentos antártico. 2. Megafauna. 3. Baía do Almirantado. 4. Antártica. 5. Distribuição espacial. 6. PROANTAR. 7. Composição taxonômica I. Lavrado, Helena P., orient. II. Dalto, Adriana G., orient. III. Título.

Agradecimentos

No decorrer de minha jornada acadêmica tive a oportunidade de conhecer pessoas e instituições que muito agregaram para a minha formação pessoal e profissional e me permitiram desenvolver habilidades e valores os quais levarei comigo para toda a vida. Devo a elas todo o aprendizado que adquiri ao longo desses anos. Portanto, aqui fica o meu sincero agradecimento.

Agradeço primeiramente aos meus pais e irmão, Ana, Fred e Edu, por não medirem esforços em me incentivar de forma que eu possa acreditar nas minhas escolhas. Ainda por me ensinarem sempre a sonhar e a olhar para o lado com empatia. Obrigada também por me apoiarem nos momentos difíceis desses anos de graduação e por, desde cedo, incentivarem em mim a busca por novos conhecimentos, plantando essa sementinha de quem não consegue ficar parada por nada. Vocês são um poço de dedicação, carinho e amor.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais (INCT – APA, Processo: 574018/2008-5 e FAPERJ E16-170.023/2008) pelas oportunidades concedidas como a disponibilização do material biológico para este trabalho bem como pela bolsa de iniciação científica INCT-APA/CNPq. Ainda agradeço ao MCTI, MMA, SECIRM por serem peças essenciais que trabalham e lutam em prol da ciência. Também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo auxílio financeiro concedido a mim por meio de bolsas de iniciação científica.

Às minhas orientadoras, Dra. Helena Passeri Lavrado e Dra. Adriana Galindo Dalto por exercerem suas funções com amor e dedicação, pela orientação, por terem confiado em mim a responsabilidade de realizar esse trabalho, por me incentivarem a buscar novos conhecimentos e por me aconselharem diante de tantos imprevistos. Ainda agradeço por me ensinarem muito sobre resiliência e por me fazerem continuar acreditando em rumos positivos para a ciência do Brasil. O apoio de vocês foi fundamental para o meu crescimento.

À Dra. Yocie Yoneshigue Valentin por me acolher em seu laboratório com tamanho carinho e amor, por me ensinar que um ambiente de trabalho pode e deve ser um ambiente de muita troca e aprendizado e por me contagiar com a Vitamina E do entusiasmo sob diversas perspectivas. O amor pelo seu trabalho e sua forma de realizá-lo com maestria é algo que contagia a todos. Levo comigo muito do que aprendi com você e toda a equipe do laboratório durante os dois anos que tive a oportunidade de partilhar o dia a dia com vocês.

À equipe do Laboratório de Macroalgas, Carla Balthar, Rafael B. de Moura, Tais Maria, Rafael Salazar, Luiza Costa, Pedro Magno, Isabella Alcântara pelo apoio e carinho feito de família. Carla, seu cuidado nos ampara muito! Rafa, sua colaboração fez toda a diferença! Tais, sua alegria contagia a todos! Nossos almoços ficarão guardados com muito carinho! Obrigada!

Agradeço também ao Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) por toda logística e trabalho prestado em prol de estudos científicos acerca do continente Antártico. Agradeço também a Marinha do Brasil por nos treinar para lidar com as condições adversas de um continente tão inóspito e por nos ensinar sobre o histórico do Programa Antártico e outras questões relevantes.

Agradeço também a equipe responsável pela coleta de todas as amostras desse estudo. Reconheço todo o esforço empregado por vocês na OAXXIX e na OAXXVIII. Também agradeço aos alunos graduados que disponibilizaram suas monografias, tabelas e planilhas para que todos os dados pudessem ser compilados nesse trabalho.

À Dra. Lúcia de Siqueira Campos por plantar em mim a sementinha do amor pelo continente Antártico, sempre me instigando a pesquisar mais para descobrir qual o objeto de estudo o qual eu me interessava. Agradeço por ter confiado em mim tarefas de muita responsabilidade bem como pelos laços estreitados e por todas as oportunidades que me foram concedidas ao longo da graduação.

À todas as amizades Antárticas que pude fazer ao longo desses quatro anos. Em especial aos amigos da equipe de trabalho da OA XXXII e aos amigos do Treinamento Pré Antártico. Levo vocês comigo! Obrigada por confiarem em meu potencial muito mais que eu mesma e por me mostrarem caminhos e me incentivarem a seguir lutando pela ciência desde nova. Muito aprendi com vocês!

Ao Instituto de Biologia da UFRJ e a todo o corpo docente, em especial, ao Bacharelado de Biologia Marinha, por se dedicarem na formação de excelência de jovens que serão futuros professores, cientistas entre outras profissões. Aos professores que trabalham com brilho nos olhos, demonstrando tamanho prazer por educar e que muito fazem por nós: vocês nos inspiram!

Devo agradecimento também a todos os amigos que fiz no bacharel da Biologia Marinha, em especial Mariana Menezes, Aline Amorim, Beatriz Gomes, Matheus Pires, Carolina D'Ornellas, Franco Biondo, João Alvarez, Tayara Fontana, Rafael Menezes, João Kaiuca,

Camila Pereira e Isabela Seiblit. Sem dúvidas o ano de 2017 e 2018 não teria sido o mesmo sem vocês. Obrigada por todo o incentivo e por se mostrarem pessoas que se preocupam com o próximo, além de acreditarem que conhecimento pode e deve sempre ser compartilhado.

Ao atual coordenador de Ensino da Biomar, Vinícius Peruzzi, por lutar em prol de uma educação de qualidade e pela escuta ativa com nós, alunos. Ainda agradeço por todo amparo nos momentos finais de conclusão da graduação. Você faz a diferença e nós somos eternamente gratos por isso. Insista, persista e não desista. Obrigada!

À Zete e à Sueli por sempre nos auxiliarem e tranquilizarem nos momentos que precisamos.

À professora Margaretha por tamanha ternura e por se preocupar com o valor humano em primeiro lugar.

Agradeço as pessoas da equipe do Laboratório de Echinodermata que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação.

Agradeço também aos Laboratórios de Polychaeta, Fitoplâncton, Biogeoquímica e suas respectivas equipes, por abrirem as portas no ano de 2017 e 2018 quando precisei realizar análises, tanto do presente estudo quanto de demais projetos.

Aos meus amigos do coração, que sempre compartilham comigo momentos memoráveis da vida.

Desde já também agradeço a banca examinadora pela leitura e correção deste trabalho.

Sempre costumo dizer que nós nos somos um misto das pessoas que conhecemos e das experiências que vivemos ao longo de nossa jornada. Portanto, finalizo a graduação com a certeza de que carrego em mim muito do que aprendi com vocês no decorrer desses anos. Obrigada!

‘Educação não transforma o mundo. Educação muda pessoas.
Pessoas transformam o mundo’

Paulo Freire

Resumo

A Baía do Almirantado é uma Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG), localizada na Ilha Rei George (Península Antártica), sendo a maior ilha do Arquipélago das Shetland do Sul. A variação sazonal entre o verão e o inverno implica em uma série de alterações locais, principalmente pela extensão do gelo marinho. Isto afeta, em especial, as comunidades bentônicas marinhas, principalmente nas zonas costeiras rasas. Visto o crescimento lento e a limitação da mobilidade desses organismos, sua diversidade e estruturação representam excelentes indicadores de mudanças ambientais. A megafauna bentônica local é composta por uma diversidade de animais vágeis, como poliquetas, crustáceos e equinodermos; e sésseis, como esponjas, briozoários, ascídias e cnidários dispostos de forma variável. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a estrutura das comunidades bentônicas da zona costeira rasa, comparando abundância relativa, densidade, riqueza, diversidade e composição específica em duas enseadas da baía. Verificou-se ainda as relações entre as variáveis ambientais do sedimento e a diversidade encontrada em cada área. A megafauna bentônica foi obtida através de arrastos de fundo, com o uso de draga do tipo ‘Agassiz’. Os arrastos foram realizados entre os meses janeiro e fevereiro de 2011, durante a Operação Antártica Brasileira XXIX, na faixa batimétrica entre 20 e 30 m de profundidade de quatro estações de amostragem, três localizadas na Enseada Martel (Comandante Ferraz, Punta Ullmann, Botany Point) e uma na Enseada Mackellar (Refúgio II). A análise das amostras resultou na identificação de 7.592 indivíduos pertencentes a 14 grandes grupos taxonômicos, dos quais Crustacea, Mollusca, Ascidiacea, Polychaeta e Echinodermata foram os mais abundantes. Dentre os 76 táxons encontrados, 37 foram identificados em espécie e os demais em níveis taxonômicos superiores. Ascidiacea e Echinodermata apresentaram diferenças significativas na abundância entre as estações de estudo. Todas as estações apresentam assembleias de organismos que diferem significativamente entre si (nMDS, $p=0,001$). Botany Point, onde *Ophionotus victoriae* e *Molgula pedunculata* predominaram, foi a estação que apresentou maior riqueza de táxons e também maiores diferenças (PERMANOVA) em relação às demais, tanto para as estações da mesma enseada quanto para Refúgio II, que está localizada em outra enseada. No entanto, em Punta Ullmann, foram observados as maiores quantidades de macroalgas (12,9 kg) e o maior índice de diversidade média ($H'=2,41$). Comandante Ferraz e Refúgio II foram as estações que apresentaram maior similaridade entre elas e as maiores densidades médias para o isópode *Paraserolis sp.* e para o bivalve *Aequiyoldia eightsii*. A maior dissimilaridade média (SIMPER) foi registrada entre Punta Ullmann e Botany Point (84,85 %) com maiores contribuições do ofiúro *Ophionotus victoriae* e da ascídia *Molgula pedunculata* na segunda estação. O poliqueta *Barrukia cristata*, o bivalve *Aequiyoldia eightsii* e o isópode *Glyptonotus antarcticus* foram as espécies com maior frequência de ocorrência na região. A granulometria, o carbono orgânico total e razão C/N foram as variáveis ambientais que melhor caracterizaram as diferenças entre a distribuição espacial dos organismos nas estações de estudo. Os resultados obtidos indicaram que a heterogeneidade espacial observada em pequena escala reforça a necessidade de monitoramento da Baía do Almirantado, com intuito de compreender a dinâmica ambiental local e os efeitos sobre biota marinha em longo prazo, sendo importante para distinguir os impactos naturais de antropogênicos.

Abstract

Admiralty Bay is an Antarctic Specially Managed Area (ASMA) located in King George Island (Antarctic Peninsula), the largest of the South Shetland Islands. Seasonal variation between summer and winter involves various environmental changes, particularly related to the formation of sea ice. This process influences on marine benthic communities, especially in shallow coastal areas. Given the slow growth and limited mobility of these organisms, their community diversity and structure represent excellent indicators for environmental changes. The local benthic megafauna includes a variety of motile animals such as polychaetes, crustaceans and echinoderms, and sessile organisms such as sponges, bryozoans, ascidians and cnidarians. The present study aimed to characterize the structure of benthic communities in the shallow coastal zone, comparing relative abundance, density, richness, diversity and species composition in two coves within Admiralty Bay. The relationships between sediment environmental variables and the diversity found in each area were also analyzed. Samples of the benthic megafauna were obtained from bottom trawls, using an 'Agassiz' type dredge. The trawls were carried out between January and February 2011, during the Brazilian Antarctic Operation XXIX. Samples were obtained between 20 and 30 m depths at four sampling stations, three located in Martel Cove (Comandante Ferraz, Punta Ullmann, Botany Point) and one in Mackellar Cove (Refúgio II). The samples included 7,592 individuals belonging to 14 higher taxonomic groups. Crustacea, Mollusca, Ascidiacea, Polychaeta and Echinodermata were the most abundant ones. Among the 76 distinct taxa found, 37 were identified to species level. Ascidiacea and Echinodermata showed significant differences in abundance between the study stations. All sampling stations hosted significantly different assemblages of organisms (nMDS, $p = 0.001$). Botany Point, where *Ophionotus victoriae* and *Molgula pedunculata* predominated, had the greatest taxa richness and it was also different (PERMANOVA) compared to the other sampling stations. However, the highest biomass of macroalgae (12.9 kg) and the highest average diversity index ($H' = 2.41$) were observed at Punta Ullmann. Comandante Ferraz and Refúgio II were the most similar stations, and presented the highest mean densities of the isopod *Paraserolis* sp. and the bivalve *Aequiyoldia eightsii*. The highest mean dissimilarity (SIMPER) was recorded between Punta Ullmann and Botany Point (84.85%), with higher contributions of *Ophionotus victoriae* and the ascidian *Molgula pedunculata* in the latter. The polychaete *Barrukia cristata*, the bivalve *Aequiyoldia eightsii* and the isopod *Glyptonotus antarcticus* were the most frequent species encountered in those coves. Grain size, total organic carbon and C/N ratio were the environmental variables that best explained the differences in the spatial distribution of the megafauna across all four sampling stations. The data obtained indicate that the small scale spatial heterogeneity found reinforces the need to monitor multiple sites in Admiralty Bay in order to better understand the local environmental dynamics and their effects on marine biota over time, particularly in the context of distinguishing natural from anthropogenic impacts.

Lista de abreviaturas

AAEG	Área Antártica Especialmente Gerenciada
ANOVA	Análise de variância
Art.	Artigo
BP	Botany Point
CAP	Análise canônica de componentes principais
CF	Comandante Ferraz
dbRDA	Distance based Redundancy Analysis
DistLM	Distance based Linear Model
DP	Desvio padrão
EP	Erro padrão
ETE	Estação de tratamento de esgoto
IAATO	Associação Internacional de Operações turísticas na Antártica
Id.	Identificado
Km	Quilômetros
MDS	Escalonamento multidimensional não métrico
OA	Operação Antártica
PERMANOVA	Análise multivariada de variância (permutas)
PU	Punta Ullmann
RF	Refúgio II
SIMPER	Porcentagem de similaridade (similarity percentage)

Lista de figuras

Figura 1 | Baía do Almirantado (Ilha Rei George, Arquipélago das Shetlands do Sul, Península Antártica) com destaque para a Estação Antártica Henryk Arctowski (Polônia), a Estação de Pesquisa Machu Picchu (Peru) e a Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil). Extraído e modificado a partir de Moura (2009).

Figura 2 | Estações de amostragem da megafauna bentônica na Baía do Almirantado, realizadas em janeiro a fevereiro de 2011, durante a Operação Antártica XXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 3 | A. Embarcação “Skua” da Marinha do Brasil utilizada para as coletas com draga bentônica e B. laboratório de Triagem da Estação Brasileira Comandante Ferraz (Fotos: Rafael B. de Moura).

Figura 4 | Metodologia aplicada nas amostragens da megafauna bentônica da Baía do Almirantado durante a Operação Antártica XXIX com a utilização de draga bentônica acoplada na popa da embarcação “Skua” (Ilustração: Mayara Lista e Gabrielle Schoene).

Figura 5 | A. Processo de amostragem da megafauna bentônica e B. Sedimento coletado sendo depositado em marfinites para posterior análise no laboratório de Triagem da Estação Brasileira Comandante Ferraz. (Fotos: Adriana G. Dalto).

Figura 6 | Amostragem com Box-corer na Baía do Almirantado. A. Içamento do Box-corer e B. Repartição dos testemunhos dentro do Box-corer. Fotos: Adriana G. Dalto, retiradas do Relatório Sucinto de Campo da 4ª fase de pesquisa da Operação Antártica XXVIII (2010/2011).

Figura 7 | Porcentagem das frações granulométricas da camada 0-2 cm nas quatro estações de amostragem da Baía do Almirantado realizadas durante a OAXXVIII nos meses de fevereiro e março de 2010. (CF: Comandante Ferraz; PU: Punta Ullmann; BP: Botany Point e RF: Refúgio II).

Figura 8 | Abundância relativa (%) por grupo taxonômico identificado nas quatro estações de amostragens nas Enseadas Martel e Mackellar (Baía do Almirantado) realizadas durante a Operação Antártica XXIX, com o uso de draga bentônica, considerando N total de 9.686 indivíduos. (CF: Comandante Ferraz; PU: Punta Ullmann; BP: Botany Point e RF: Refúgio II).

Figura 9 | Densidade média (ind.100 m²) + EP da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 10 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Ascidiacea coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Letras diferentes indicam diferença significativa entre pares de médias das estações, testada *a posteriori* (Teste de Tukey). ANOVA, $p < 0,05$.

Figura 11 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Echinodermata coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Letras diferentes indicam diferença significativa entre pares de médias das estações, testada *a posteriori* (Teste de Tukey). ANOVA, $p < 0,05$.

Figura 12 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Polychaeta coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 13 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Mollusca coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 14 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Crustacea coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 15 | Riqueza média (+ EP) da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Letras diferentes indicam diferença significativa entre pares de médias das estações, testada *a posteriori* (Teste de Tukey). ANOVA, $p < 0,05$.

Figura 16 | Diversidade média - H' em \ln (+ EP) da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 17 | Equitabilidade média - J' (+ EP) da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Figura 18 | Diversidade da megafauna bentônica encontrada na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. (a) *Laternula elliptica*; (b) *Laternula elliptica*; (c) *Pista* sp. (d) *Maldane sarsi antarctica*; (e) *Glyptonotus antarcticus*; (f) *Paraserolis polita*; (g) Terebellidae; (h) *Pista cristata*; (i) *Parborlasia corrugatus*; (j) *Amphioplus acutus*; (k) *Odontaster validus*. Fotos: Rafael B. de Moura.

Figura 19 | Escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS), em duas dimensões (2D stress: 0,06), mostrando o agrupamento das amostras obtidas para as diferentes estações de amostragem da OA XXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Lista de tabelas

Tabela 1 | Características do sedimento superficial (camada 0-2 cm - média entre pontos de coleta) nas áreas de estudo das Enseadas Martel e Mackellar amostradas durante a OAXXVIII nos meses de fevereiro e março de 2010. (CF: Comandante Ferraz; PU: Punta Ullmann; BP: Botany Point e RF: Refúgio II).

Tabela 2 | Densidade média, em ind./100 m² (DP) e frequência de ocorrência (%) dos táxons identificados nas quatro estações de amostragem da Baía do Almirantado: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Espécies que apresentaram maior densidade média por estação (negrito).

Tabela 3 | Resultados dos testes pareados da PERMANOVA entre as quatro estações de amostragem da OAXXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). (*) Valores significativos ($p < 0,05$)

Tabela 4 | Análise SIMPER com as espécies que melhor contribuem (%) para a dissimilaridade entre os pares de grupos e a densidade média de cada espécie contribuinte por grupo. Grupos = estações de amostragem da OA XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Espécies que mais contribuem para a dissimilaridade (negrito).

Tabela A1 | Coordenadas geográficas dos pontos de dragagem na faixa de 20-30 m de profundidade, em cada área de amostragem nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica), realizadas no período de Janeiro a Fevereiro de 2011, durante a Operação Antártica XXIX.

Tabela A2 | Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem de sedimento com box-corer realizados nas áreas de estudo das Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica), no período de Fevereiro a Março de 2010, durante a Operação Antártica XXVIII.

Tabela A3 | Riqueza total, N° de indivíduos, densidade (ind./100 m²), índice de Pielou (J') e índice de Shannon-Wiener (H') calculados para as quatro estações de amostragem da Operação Antártica XXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Tabela A4 | Análise SIMPER com as espécies que melhor discriminam cada estação de amostragem da OA XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). (*) Espécies que mais contribuem para a similaridade, em percentual.

Sumário

1. Introdução	1
1.1 A Antártica	1
1.2 O ambiente marinho antártico	2
1.3 A megafauna bentônica da Baía do Almirantado	4
1.4 A importância de estudos a longo prazo	4
2. Objetivos	5
2.1 Geral	5
2.2 Específicos	5
3. Materiais e métodos	6
3.1 Área de estudo	6
3.2 Amostragem e triagem da fauna (Campo)	7
3.3 Amostragem de sedimento	10
3.4 Identificação dos organismos	11
3.5 Análise de dados	11
3.5.1 Abundância relativa e densidade média	11
3.5.2 Riqueza, índice de diversidade e equitabilidade	12
3.5.3 Distribuição espacial	12
4. Resultados	13
4.1 Variáveis ambientais	13
4.2 Abundância relativa e densidade média da megafauna	14
4.3 Riqueza, diversidade e equitabilidade	18
4.4 Composição específica	20
4.5 Distribuição espacial da megafauna	24
5. Discussão	27
6. Conclusões	34
7. Referências bibliográficas	35
8. APÊNDICES	43

1. Introdução

1.1 A Antártica

A Antártica é um dos locais do globo mais sensíveis às mudanças climáticas e os processos que envolvem esse continente no que tange a questões sobre atmosfera e o oceano, estão totalmente interligados com processos que ocorrem em latitudes menores e principalmente, na América do Sul. Portanto, as regiões polares são tão importantes quanto os trópicos, pois há transferência de energia entre os pólos e os trópicos por intermédio da circulação atmosférica e oceânica, sendo especialmente relevante no que se refere aos impactos climáticos na região (Di Prisco, 2001; Simões *et al.*, 2001; Simões *et al.*, 2011).

As regiões polares se caracterizam por serem grandes sorvedouros de energia na terra, o que influi diretamente na circulação termohalina mundial como resultado do balanço desigual da energia absorvida pelos trópicos e pólos (Simões *et al.*, 2011). Estudos recentes como o de Comiso (2016), por exemplo, demonstram que os oceanos estão mais quentes mesmo em regiões com profundidades maiores do que 700 m. Smale & Barnes (2008) demonstram que, nas regiões polares, as alterações bruscas de temperatura dos últimos anos podem ser mais evidentes, pois elas interferem diretamente na dinâmica de formação de gelo e degelo da região, aumentando a frequência de colisões de blocos de gelo com fundo marinho de áreas costeiras.

Além disso, o continente Antártico possui, em seu entorno, o Oceano Austral, que compreende uma área de 13,8 milhões de quilômetros quadrados, equivalente a 10% dos Oceanos da Terra (Gutt *et al.*, 2010; Simões *et al.*, 2011), sendo considerado um dos mais bem definidos sistemas marinhos do planeta e sendo limitado, a norte, pela Frente Polar (Clarke & Johnston, 2003, Clarke *et al.*, 2005). Esta funciona como uma barreira natural em profundidades de até 1.000 m, representando uma distinta descontinuidade biogeográfica já que, à exceção de aves migratórias e mamíferas, ainda são poucos os táxons de organismos epipelágicos e bentônicos que podem ser encontrados dentro e fora do Oceano Austral (González-Wevar *et al.*, 2010; Campos *et al.*, 2011). Isto significa que existe um alto grau de endemismo, principalmente dentre os invertebrados bentônicos marinhos e peixes antárticos, o que representa um longo período evolutivo em considerável isolamento de outras partes do planeta (Clarke & Johnston, 2003).

1.2 O ambiente marinho antártico

A configuração continental da Antártica resulta em distintos padrões de circulação no Oceano Austral, tornando essa região única. A Corrente Circumpolar Antártica (CCA) promove um isolamento da região, influenciando diretamente a dinâmica dos ecossistemas marinhos da região (Simões *et al.*, 2011), assim como outros fatores característicos de latitudes polares, naturais ou antrópicas tais como aqueles os resultantes de atividades de pesca, turismo, ou até mesmo de atividades científicas.

Assim, a Antártica, ainda que seja caracterizada como um continente pouco explorado e de certa forma preservado, as preocupações acerca da influência antrópica na região surgiram já na década de 80, indicando que o turismo e as atividades científicas poderiam gerar impactos negativos na região se mal administrados. Contudo, a falta de soberania da Antártica dificulta uma gestão estratégica eficiente dessas atividades (Hall & Johnston, 1996). Desde a década de 90, ações de avaliação ambiental tem sido aplicadas, sob mediação do Protocolo de Madri (1991) que, no artigo 2 designa a Antártica como ‘reserva natural internacional, dedicada à ciência e à paz’. Com isso, os países que atuam na região têm o compromisso de estabelecer diretrizes que englobem as práticas de avaliação de impactos ambientais (Kriwoken & Rootes, 2000). Mesmo assim dados apontam que há má gestão de práticas turísticas e científicas pelos países, e descrevem os principais problemas gerados no local tanto no que se referem aos impactos ambientais como, por exemplo, a possibilidade de bioinvasão, quanto questões de gestão como, por exemplo, a dinâmica ineficiente de despejo de efluentes de muitas estações científicas (Tin *et al.*, 2009). Isso reforça a necessidade do monitoramento ambiental e a necessidade de acompanhamento das áreas que estão sujeitas às atividades humanas, ou ainda, aquelas onde os efeitos das mudanças climáticas atuais são mais evidentes.

Na Antártica, as variações ambientais naturais mais acentuadas ocorrem no verão e no inverno, e resultam na alteração da pressão do ar e na concentração de gelo do oceano, a qual afeta diretamente a circulação atmosférica (Simões *et al.*, 2011). Porém, nas últimas décadas, alterações ambientais mais rápidas e significativas têm sido observadas, como o aquecimento na região da Península Antártica Ocidental, indicado por flutuações na temperatura atmosférica, tendo sido registrado um aumento de cerca de 3°C nos últimos 50 anos (Vaughan *et al.*, 2003; Clarke *et al.*, 2007), o que pode influenciar consideravelmente na temperatura da água da região e nos processos de retração de geleiras, desintegração de grandes plataformas de gelo mar e redução na extensão de gelo marinho (Turner *et al.*, 2009; Kejna *et al.*, 2013, Convey *et al.*, 2014). De fato, a temperatura da água do mar parece ter aumentado

significativamente na região da península, o que pode se tornar uma ameaça às comunidades marinhas (Gutt *et al.*, 2011).

As zonas costeiras rasas do Oceano Austral são áreas muito dinâmicas, onde uma grande variedade de alterações químicas, físicas, biológicas e mesmo geológicas, resultantes da ação de ondas, degelo, vulcanismo, poluição e radiação ultravioleta, entre outros, provocam efeitos consideráveis no ambiente marinho (Brown *et al.*, 2004; Barnes & Conlan, 2007). As comunidades de organismos marinhos que vivem associados ao fundo sofrem diretamente os efeitos desta dinâmica, principalmente devido à mobilidade limitada desses organismos, o que pode levar a uma homogeneização da biota marinha, ou até mesmo reduzir o caráter endêmico da fauna Antártica (Aronson *et al.*, 2007).

O frequente degelo na região é um dos processos físicos que mais interferem no bentos Antártico, implicando, portanto, em diferentes impactos, tais como: o congelamento da zona entre marés (“ice foot”); a formação de placas de gelo sobre o fundo marinho, resultando na morte de muitos organismos por aprisioná-los (“anchor ice”); e também o arraste dos blocos de gelo ou icebergs sobre o fundo marinho (“ice scour”), que ocorrem em profundidades variáveis, desde a zona entre marés até aproximadamente 500 m (Nonato *et al.*, 2000; Gutt, 2001).

Em áreas afetadas pelo gelo (“icescour” ou “anchorice”, por exemplo), ocorrem taxas de recolonização variáveis, sendo que a recuperação das comunidades bentônicas pode ser significativamente lenta (Barnes & Conlan, 2007). Zonas mais rasas, as quais podem evidenciar um padrão de dominância por poucas espécies, são aquelas mais instáveis, onde a recolonização ocorre por poucos organismos e aqueles que forrageiam de forma oportunista sobrevivem (Gutt *et al.*, 2013).

As condições climáticas na Ilha Rei George refletem os padrões da região oeste da Península Antártica, resultantes da relação entre o oceano, a criosfera e a atmosfera local, sendo que suas alterações podem implicar em uma ameaça para o ecossistema local (Kejna *et al.*, 2013). A maior baía desta ilha é a Baía do Almirantado que vem sendo amplamente estudada nos últimos 35 anos, especialmente por poloneses e brasileiros (Wägele & Brito, 1990; Nonato *et al.*, 1992, 2000; Echeverria *et al.*, 2005; Sicinski *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2013; Montone *et al.*, 2013). A baía é profunda e seu relevo submarino assemelha-se a um fiorde, chegando a cerca de 550 m em sua zona mais central. A convexão dessa baía com Estreito de Bransfield é bastante ampla, o que gera a entrada de águas oceânicas provenientes dos mares de Weddell e Bellingshausen (Sicinski *et al.*, 2011).

1.3 A megafauna bentônica da Baía do Almirantado

A megafauna bentônica da Baía do Almirantado se distribui de forma heterogênea ao longo de um gradiente batimétrico entre as zonas rasas e as zonas mais profundas, sendo composta por uma grande diversidade de animais vágeis, como poliquetas, crustáceos e equinodermos, e sésseis, como esponjas, briozoários, ascídias e cnidários (Nonato *et al.*, 2000; Sicinski *et al.*, 2011, Gutt *et al.*, 2013), cuja riqueza aumenta em função da profundidade, sendo mais diversa em zonas abaixo de 20-25m. Entretanto, dentre as diferentes categorias do bentos, a megafauna é um dos compartimentos pouco estudados em termos de estrutura de comunidade na baía (Nonato *et al.*, 2000).

A estruturação dessas comunidades é reflexo de diversos fatores ambientais, além dos distúrbios físicos que acometem essa região, sendo influenciada pelo tipo de substrato, disponibilidade de matéria orgânica, concentração de oxigênio dissolvido, entre outros (Sahade *et al.*, 1998). A combinação desses fatores pode determinar a abundância e diversidade de cada região, e pode ser variável tanto em escala de quilômetros como de poucos metros.

1.4 A importância de estudos a longo prazo

Pesquisas sobre o ecossistema bentônico, principalmente em relação à macrofauna de sedimento, vêm sendo realizadas desde a década de 70 na Baía do Almirantado por alguns países, especialmente pelo Brasil e Polônia. O Brasil, mais especificamente, iniciou suas pesquisas na Antártica em 1982, já com foco na Ilha Rei George e áreas adjacentes (Nonato *et al.*, 1992). Dois anos depois, a Estação Científica Comandante Ferraz foi estabelecida na Baía do Almirantado (Machado & Brito, 2009) e, desde então, muito esforço vem sendo empregado em uma variedade de estudos que buscam entender a complexidade da região no que diz respeito aos processos físicos, químicos e biológicos (Gutt, 2001; Smale, 2008; Sicinski *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2013; Wing, 2018). Porém, apenas a partir do verão austral de 2002/2003, foi iniciado um estudo ecológico integrado na região, inicialmente gerando dados importantes para a compreensão e a caracterização ambiental, além de contribuir para avaliação de potenciais impactos causados pela presença da Estação Antártica Comandante Ferraz (Weber & Montone, 2006).

Embora a fauna bentônica da Baía do Almirantado seja muito rica, ainda é pouco conhecida no que se refere à dinâmica de suas populações e comunidades biológicas. Portanto, um monitoramento ambiental em longo prazo é extremamente importante, principalmente para se compreender os impactos naturais e antrópicos que possam afetar esses organismos, além de contribuir para a elaboração de estratégias para preservação desse

ambiente e redução de impactos ambientais. Contudo, isto ainda é um desafio, tendo em vista a complexa logística que envolve os estudos em um continente tão inóspito. Nesse contexto, o desenvolvimento de estudos ambientais integrados, através dos quais se possa obter o maior número possível de informações em uma mesma campanha oceanográfica, podem agregar conhecimento de extrema importância sobre a estrutura e o funcionamento deste ambiente, além de permitir o delineamento de metodologias e estratégias mais adequadas para programas ecológicos de longa duração. Assim, o presente estudo objetivou caracterizar a megafauna da Baía do Almirantado, de forma a estabelecer uma linha de base a partir da qual possa ser feito o acompanhamento temporal desse compartimento biológico a longo prazo.

2. Objetivos

2.1 Geral

Caracterizar a estrutura da megafauna bentônica da zona costeira rasa (20 – 30 m) da Baía do Almirantado

2.2 Específicos

- Inventariar a composição taxonômica da megafauna bentônica, nas Enseadas Martel e Mackellar (Baía do Almirantado) durante o verão austral de 2010/2011;
- Caracterizar a distribuição espacial da megafauna bentônica nas Enseadas Martel e Mackellar (Baía do Almirantado), tendo como base a abundância relativa, densidade, riqueza, diversidade e composição específica dos organismos;
- Identificar as relações entre a megafauna bentônica e as variáveis ambientais do sedimento obtidas para as estações de amostragem da Baía do Almirantado durante a Operação Antártica XXVIII.

3. Materiais e métodos

3.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas na Baía do Almirantado ($61^{\circ}50'$ e $62^{\circ}15'$ S; $57^{\circ}30'$ e $59^{\circ}00'$ W), Ilha de Rei George, Antártica (Figura 1). Esta baía é uma Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG) e está localizada na parte mais central da ilha, sendo a maior do Arquipélago das Shetlands do Sul, estando localizada a cerca de 120 km ao norte da Península Antártica (Montone *et al.*, 2013). Atualmente existem três estações científicas instaladas no local: a Estação Antártica Henryk Arctowski (Polônia) e Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil), e a Estação de Pesquisa Machu Picchu (Peru) (Figura 1).

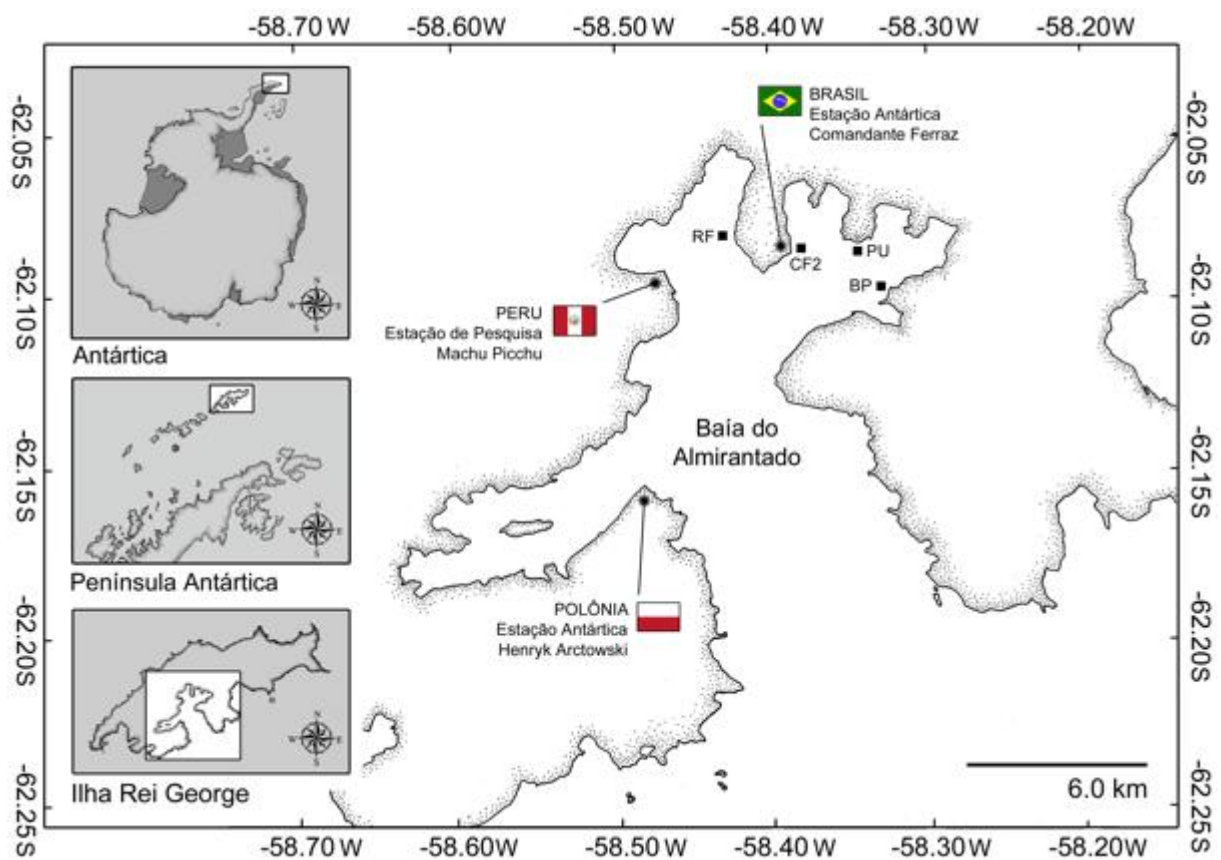


Figura 1 | Baía do Almirantado (Ilha Rei George, Arquipélago das Shetlands do Sul, Península Antártica) com destaque para a Estação Antártica Henryk Arctowski (Polônia), a Estação de Pesquisa Machu Picchu (Peru) e a Estação Antártica Comandante Ferraz (Brasil). Extraído e modificado a partir de Moura (2009).

A Baía do Almirantado recebe influência de águas oceânicas provenientes dos mares de Weddel e Bellinghausen, que chegam à baía através do Estreito de Bransfield influenciando diretamente a fauna local. Além disso, a Baía do Almirantado sofre com o processo de degelo que ocorre durante o verão austral, acarretando um aporte de sedimento e influxo de água doce para a coluna d'água das zonas costeiras rasas. Esses dois influxos

caracterizam uma hidrografia mais complexa no verão (Rakusa-suszczewski, 1995; Robakiewicz & Rakusa-Suszczewski, 1999; Weber & Montone, 2006, Campos *et al.*, 2013).

As condições climáticas na Ilha de Rei George, portanto, são caracterizadas por uma grande variabilidade ao longo do ano, resultante das interações entre o oceano, o mar, o gelo e a atmosfera (Kejna *et al.*, 2013), podendo alterar a extensão de uma camada espessa de gelo marinho que recobre o interior de suas enseadas durante o inverno (Siciński *et al.*, 2011) e que se modifica no decorrer no verão. Além disso, possui uma complexidade de habitats, com a ocorrência de bancos de kelps, presença de pinguineiras e colônias de pinípedes, o que a torna um local de grande interesse ambiental e científico, motivo pelo qual foi transformada numa Área Antártica Especialmente Gerenciada (AAEG). O interesse científico na região também se dá pelo fato da AAEG Baía do Almirantado ser densamente ocupada por atividades de pesquisa e frequentemente visitada por turistas, o que pode acarretar impactos antrópicos no ecossistema local. A Baía do Almirantado é, portanto, uma região de grande valor ambiental, histórico, científico e estético (Montone *et al.*, 2013).

A zona marítima da Baía do Almirantado possui aproximadamente 138 Km², apresentando profundidades variáveis, desde zonas rasas até locais com profundidade que superam 500 m, como observado na região de comunicação entre a entrada da baía e o Estreito de Bransfield (Siciński *et al.*, 2011, Campos *et al.*, 2013). Os sedimentos são bastante heterogêneos, sendo compostos por frações granulométricas resultantes da abrasão costeira e do degelo. Possui uma topografia heterogênea, íngreme e irregular, principalmente na região costeira, o que favorece a existência de muitos habitats e, devido ao hidrodinamismo local a Baía pode apresentar uma grande amplitude de variação das características granulométricas do sedimento (Sicinski *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2013). Geomorfologicamente, esta baía possui um formato bem definido, com um grande vale em formato de “U”. Este vale tem feição típica de sistemas erosivos glaciais, assemelhando-se a um fiorde (Weber & Montone, 2006).

3.2 Amostragem e triagem da fauna (Campo)

A megafauna bentônica foi coletada através de dragagens do fundo marinho, entre 20 e 30 m de profundidade, em quatro estações costeiras de amostragem (Figura 2) na Baía do Almirantado. Destas, três foram localizadas na Enseada Martel, sendo: estação Comandante Ferraz (CF), estabelecida em frente à Estação Antártica Comandante Ferraz, estando sob impacto direto do efluente doméstico; estações Punta Ullmann (PU) e Botany Point (BP), foram estabelecidas em frente às regiões da baía de mesmo nome, com distâncias diferentes

em relação à Ferraz, onde PU está localizada ao fundo da enseada Martel e BP na margem oposta à Ferraz. A quarta estação de amostragem foi localizada na Enseada Mackellar, em uma região denominada Refúgio II (RF), por estar estabelecida em frente ao refúgio brasileiro, mais distante e sem possibilidade de influência direta da EACF. A escolha dessas estações se deu baseada em resultados obtidos em estudos precedentes realizados por Weber & Montone (2006), que estabeleceram regiões na Baía do Almirantado mais adequadas ao monitoramento, usando como critérios o grau de influência das atividades da estação brasileira (EACF), além de distância e semelhança das áreas em relação ao tipo de sedimento.

As amostras foram coletadas entre os meses de janeiro e fevereiro de 2011, durante a Operação Antártica Brasileira XXIX, no verão austral de 2010/2011, como proposta de monitoramento do Instituto Nacional de Ciencia e Tecnologia Antártico de pesquisas Ambientais (INCT-APA, CNPq 574018/2008-5 e FAPERJ E16-170.023/2008).

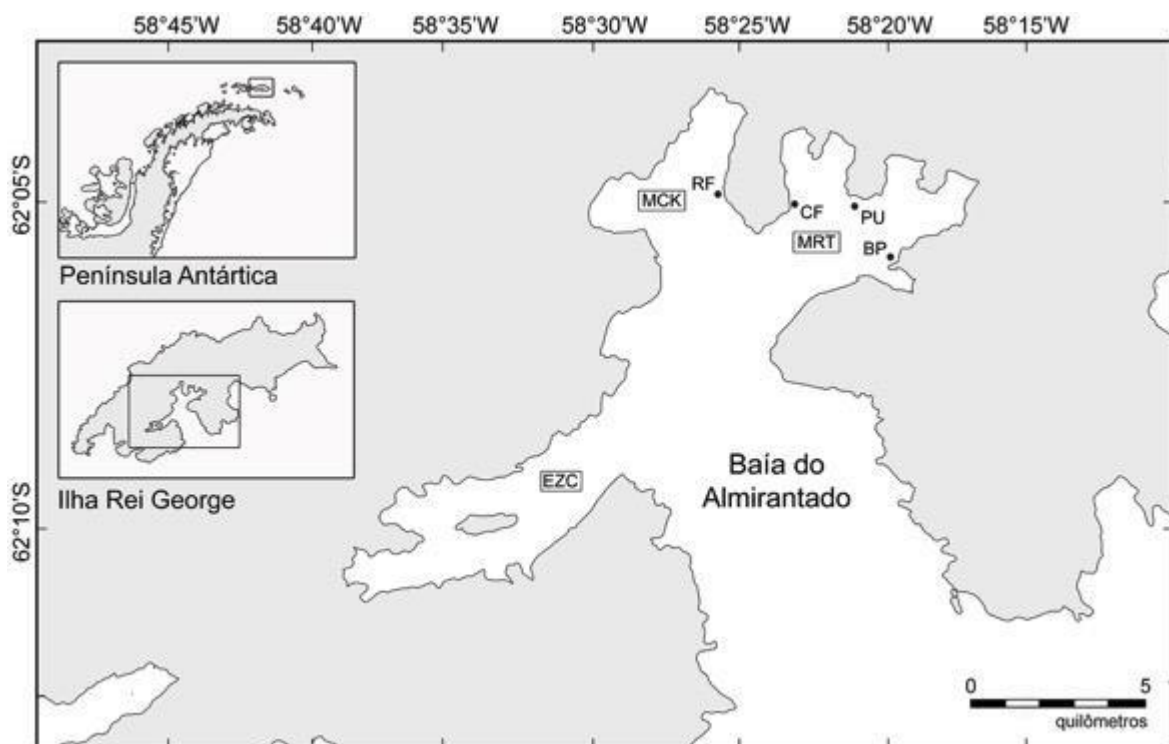


Figura 2 | Estações de amostragem da megafauna bentônica na Baía do Almirantado, realizadas em janeiro a fevereiro de 2011, durante a Operação Antártica XXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

A draga utilizada para amostragem da megafauna foi do tipo “Agassiz Trawl” (largura: 56 cm, altura: 36 cm, com malha de 4 cm), acoplada à popa da embarcação “Skua” de apoio à EACF (Figura 3), que possui cerca de 8 m de comprimento e pertence à Marinha do Brasil. Os arrastos realizados sobre o fundo marinho tiveram duração de 1 minuto cada,

com velocidade constante de 1,5 nós, sendo repetidos três em cada estação de amostragem (Figura 4).

O volume de sedimento obtido em cada arrasto variou entre 30 a 40 litros. Após a coleta, as amostras foram lavadas sobre peneiras com malhas de 2 e 4 cm e água bombeada do mar (Figura 5). Os organismos retidos nas peneiras foram anestesiados, triados em grandes grupos (ex. filos, classes, famílias), contados e fixados em álcool 70% ou formaldeído 4%, de acordo com o grupo taxonômico identificado. Foram considerados megafauna apenas os animais com tamanho superior à 2 cm de comprimento.



Figura 3 | A. Embarcação “Skua” da Marinha do Brasil utilizada nas dragagens do fundo marinho; e B. Laboratório de Triagem da Estação Brasileira Comandante Ferraz (Fotos: Rafael B. de Moura).

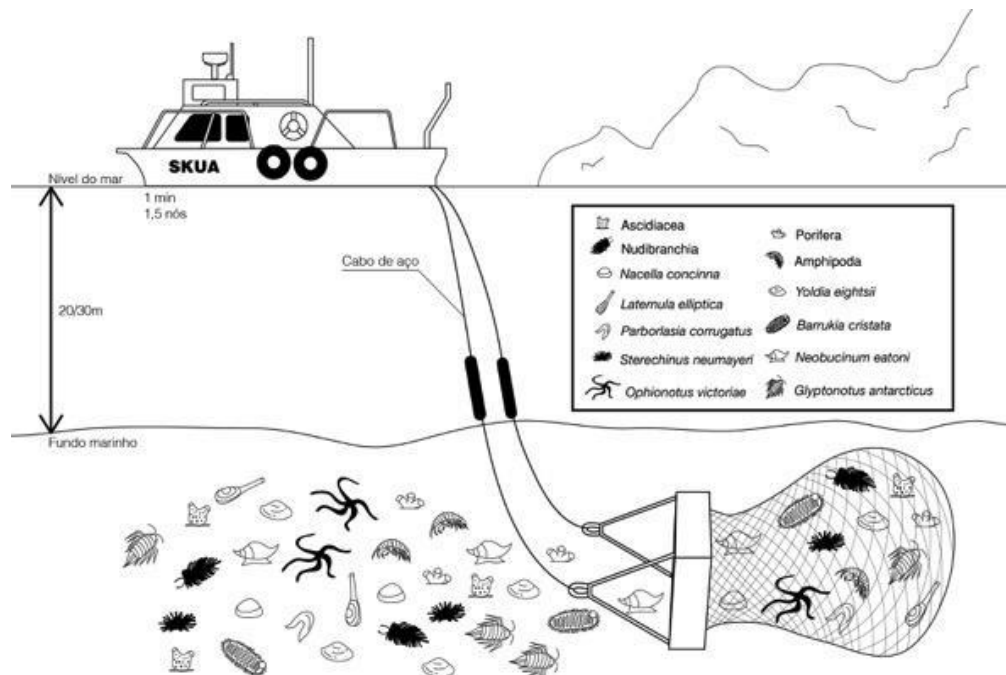


Figura 4 | Metodologia aplicada nas amostragens da megafauna bentônica da Baía do Almirantado durante a Operação Antártica XXIX com a utilização de draga bentônica acoplada na popa da embarcação “Skua” (Ilustração: Mayara Lista e Gabrielle Schoene).

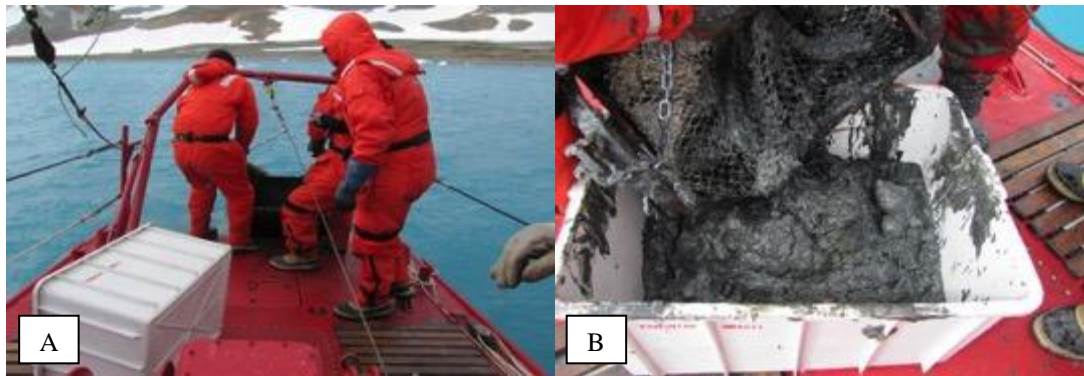


Figura 5 | A. Processo de amostragem da megafauna bentônica e B. Sedimento coletado sendo depositado em marfinites para posterior análise no laboratório de Triagem da Estação Brasileira Comandante Ferraz. (Fotos: Adriana G. Dalto).

3.3 Amostragem de sedimento

Para o presente estudo, foram consideradas apenas as amostras de megafauna provenientes da Operação Antártica XXIX. No entanto, a amostragem de sedimento, o qual foi utilizado para fins de caracterização ambiental de cada área de coleta, foi realizada no período de fevereiro a março de 2010, durante a Operação Antártica XXVIII. A coleta foi realizada com Box-corer (dimensões 30 x 30 x 55 cm e área amostral de 0,09 m²), e também com apoio operacional da embarcação “Skua” (Figura 6).

As amostragens foram realizadas nas quatro áreas de estudo, entre as faixas batimétricas de 20 a 30 m de profundidade, havendo dois pontos em cada área, distantes entre si em 200 m. Especialmente em Comandante Ferraz, os dois pontos amostrados refletem fontes potenciais de poluição, sendo CF1 a frente dos reservatórios de óleo e CF2 em frente a ETE – Estação de Tratamento de Esgoto. As análises físico-químicas do sedimento foram realizadas pelo Laboratório de Química Inorgânica Marinha (LAQIMAR) da Universidade de São Paulo, sob responsabilidade do Dr. Rubens César Lopes Figueira.



Figura 6 | Amostragem com Box-corer na Baía do Almirantado. A. Içamento do Box-corer e B. Repartição dos testemunhos dentro do Box-corer. Fotos: Adriana G. Dalto, retiradas do Relatório Sucinto de Campo da 4ª fase de pesquisa da Operação Antártica XXVIII (2010/2011).

3.4 Identificação dos organismos

Os organismos coletados foram acondicionados em campo e posteriormente encaminhados para o Laboratório de Benthos, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, com a finalidade de se realizar a identificação no menor nível taxonômico possível. Além disso, cada táxon identificado foi fotografado, quando possível, e algumas das espécies mais abundantes foram trabalhadas em estudos ecológicos mais específicos (Lanna, 2011; Soares, 2013; Campos, 2014; Louzada, 2016, Oliveira, 2016 e Oliveira, 2018). Todo o material analisado e trabalhado se encontra na coleção de referência do Laboratório de Benthos da UFRJ.

3.5 Análise de dados

3.5.1 Abundância relativa e densidade média

Os organismos da megafauna coletados foram contabilizados em nível de grandes grupos taxonômicos e a abundância total foi, primeiramente, calculada por área de amostragem. Posteriormente, foi calculada a abundância relativa (%) dos cinco grupos mais abundantes neste estudo em todas as áreas de amostragem, considerando o número total de indivíduos coletados, e tendo os grupos taxonômicos menos abundantes sido agrupados no compartimento 'outros'.

A área total de amostragem foi calculada com base na área do retângulo formado quando arrastada a draga bentônica em contato com o fundo marinho. Portanto, considerando a largura da draga de 0,56 m e sabendo-se que cada arrasto teve a duração de 1 min a 1,5 nós (0,77 m/s), foi possível calcular que a draga percorreu cerca de 46,2 m, totalizando uma área arrastada de 25,93 m², sendo a densidade dos organismos posteriormente estimada para números de indivíduos por 100 m².

Para se testar a diferença da densidade média total e dos principais grupos de megafauna entre locais, foi realizada uma análise de variância unifatorial (ANOVA), sendo necessário transformar os dados em $\log_{10}(x+1)$ para atender aos pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias. Um teste a *posteriori* foi realizado para verificar diferenças entre pares de médias (Teste de Tukey). Esses testes estatísticos foram realizados no programa Statistica (versão 8 para Windows).

3.5.2 Riqueza, índice de diversidade e equitabilidade

A riqueza taxonômica (S) foi calculada para cada estação de amostragem após todos os indivíduos estarem identificados no menor nível taxonômico possível.

Para aferição da diversidade em todas as estações de amostragem, foi calculado o índice de diversidade Shannon-Wiener (Shannon & Wiener, 1949) através da fórmula:

$$H' = -\sum p_i (\ln p_i)$$

Sendo p_i = a proporção da espécie 'i' na amostra em relação ao número total de indivíduos, em que $p_i = \frac{n_i}{N}$, sendo n_i = o número de indivíduos da espécie 'i' e N = número total de indivíduos.

O índice de Equitabilidade de Pielou J' (Pielou, 1966) foi calculado para expressar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Amplitude numérica: 0 a 1. Sendo a fórmula utilizada:

$$J' = \frac{H'}{\log S}$$

Onde H' = índice de Shannon previamente calculado e S = riqueza média das espécies.

Ambos foram calculados no programa no programa PRIMER v.6.0 (Clarke & Gorley, 2006) para Windows.

Uma análise de variância unifatorial (ANOVA) foi realizada para testar a diferença da riqueza, diversidade e equitabilidade entre os locais e um teste *a posteriori* foi realizado para verificar diferenças entre pares de médias (Teste de Tukey).

3.5.3 Distribuição espacial

Para verificar o grau de similaridade da comunidade de megafauna entre áreas de estudo foi realizada uma análise de ordenação n-MDS (escalonamento multidimensional não métrico), utilizando o índice de Bray-Curtis, tendo os dados de abundância sido transformados em raiz quadrada. A análise SIMPER foi realizada para identificar quais espécies que melhor discriminaram cada local, avaliando a similaridade entre réplicas e também a dissimilaridade entre locais. Uma PERMANOVA foi realizada para testar a significância da diferença de similaridades entre os grupos formados pelas amostras de cada local. Essas análises foram feitas no programa PRIMER v.6.0 (Clarke & Gorley, 2006).

4. Resultados

4.1 Variáveis ambientais

Na Enseada Martel, Comandante Ferraz foi a estação que apresentou os maiores percentuais de areia no sedimento do que as demais estações de amostragem (Figura 7). Já Punta Ullmann apresentou maior proporção de cascalho, sendo esta estação caracterizada pela dominância de sedimentos mais grossos. Por outro lado, Botany Point e Refúgio II apresentaram as maiores contribuições em silte e argila em relação às demais estações. Contudo, Botany Point também possui um alto percentual de areia, tendo a predominância dessas duas classes de tamanho do sedimento.

Os maiores percentuais de contribuição de carbono orgânico total (COT) foram encontrados em Comandante Ferraz, seguido do Refúgio II. Botany Point foi a estação que apresentou menor contribuição de COT (Tabela 1). A razão C/N foi maior na estação Comandante Ferraz, seguida por Botany Point, Punta Ullmann e Refúgio II (Tabela 1).

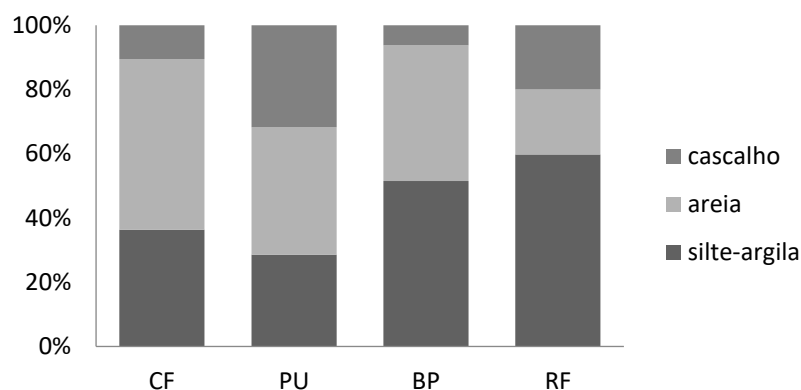


Figura 7 | Porcentagem das frações granulométricas da camada 0-2 cm nas quatro estações de amostragem da Baía do Almirantado realizadas durante a OAXXVIII nos meses de fevereiro e março de 2010. (CF: Comandante Ferraz; PU: Punta Ullmann; BP: Botany Point e RF: Refúgio II).

Tabela 1 | Características do sedimento superficial (camada 0-2 cm - média entre pontos de coleta) nas áreas de estudo das Enseadas Martel e Mackellar amostradas durante a OAXXVIII nos meses de fevereiro e março de 2010. (CF: Comandante Ferraz; PU: Punta Ullmann; BP: Botany Point e RF: Refúgio II).

Estações	Cascalho (%)	Areia (%)	Silte-Argila (%)	C org (%)	Razão C/N
CF	10,56	53,04	39,40	0,49	6,22
PU	31,71	39,74	28,55	0,34	4,83
BP	6,22	42,24	51,54	0,32	5,58
RF	19,99	20,26	59,75	0,45	3,58

4.2 Abundância relativa e densidade média da megafauna

Um total de 7.592 indivíduos pertencentes a 14 grandes grupos taxonômicos foram encontrados, sendo eles: Crustacea, Mollusca, Ascidiacea, Polychaeta, Echinodermata, Turbellaria, Hydrozoa, Nemertinea, Sipuncula, Anthozoa, Bryozoa, Porifera, Priapulida e Pycnogonida. Destes, os cinco primeiros grupos taxonômicos foram os mais abundantes, representando 95% da megafauna total (Figura 8). Em todas as estações de amostragem, o mesmo padrão foi encontrado, sendo Crustacea e Mollusca os táxons mais abundantes, respectivamente, com exceção de Botany Point, onde Ascidiacea (44 %) e Echinodermata (21 %) foram mais abundantes. Esses quantitativos refletem a similaridade da fauna, em nível de grandes grupos taxonômicos, entre as estações Comandante Ferraz e Punta Ullmann (mais próximas entre si).

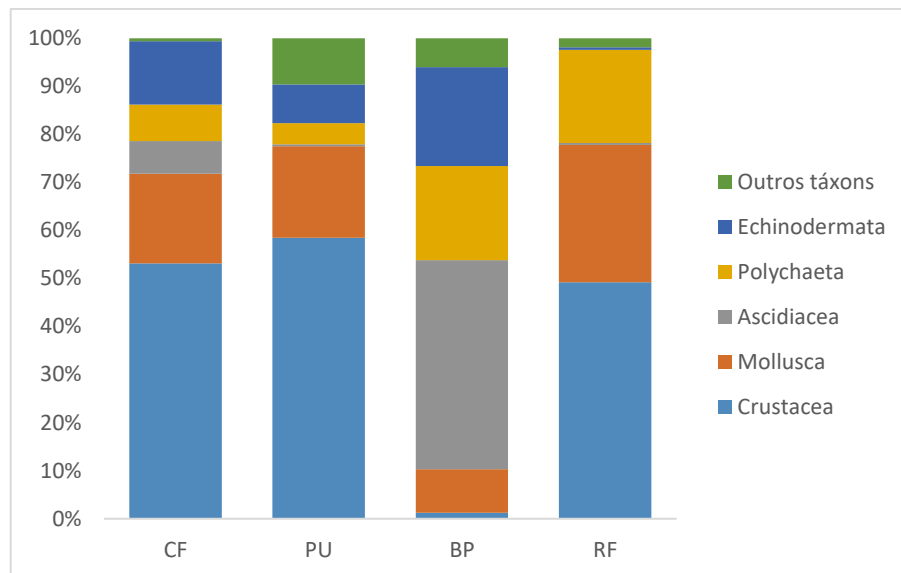


Figura 8 | Abundância relativa (%) por grupo taxonômico identificado nas quatro estações de amostragens nas Enseadas Martel e Mackellar (Baía do Almirantado) realizadas durante a Operação Antártica XXIX, com o uso de draga bentônica, considerando N total de 7.592 indivíduos. (CF: Comandante Ferraz; PU: PuntaUllmann; BP: Botany Point e RF: Refúgio II).

Em termos de densidade média (ind.100 m²) da fauna total (Figura 9) não foram encontradas diferenças significativas entre os locais de estudo ($F= 0,31352$; $p>0,05$). Entretanto foi possível observar que Botany Point apresentou densidade média ligeiramente maior em relação às demais estações enquanto Comandante Ferraz apresentou a menor.

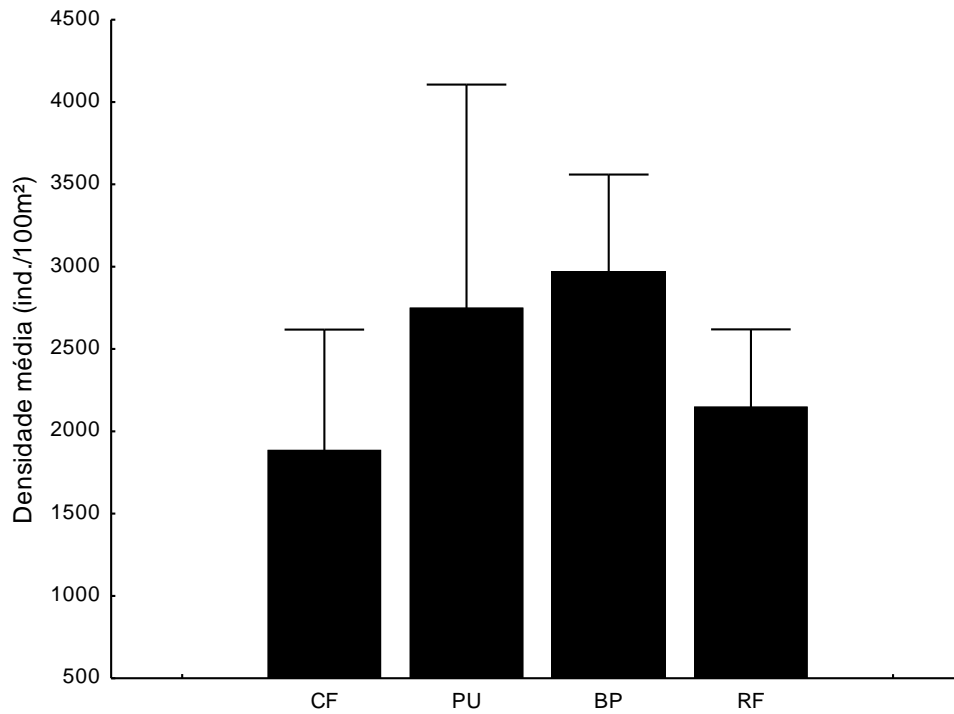


Figura 9 | Densidade média (ind.100 m²) + EP da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

A análise da ANOVA unifatorial, ainda em grandes grupos taxonômicos, permitiu observar que a densidade média de Ascidiacea apresentou diferenças significativas ($F_{(3,8)}= 27,982$; $p = 0,00014$) entre as estações de amostragem, sendo mais elevadas em Botany Point, diferentemente das demais áreas (Figura 10). A densidade média de Echinodermata também apresentou diferença significativa ($F_{(3,8)}= 10,576$; $p = 0,00371$), evidenciando uma distribuição espacial distinta, onde Botany Point apresentou as densidades mais elevadas (Figura 11). Em relação às densidades médias de Polychaeta, Mollusca e Crustacea, essas não foram significativamente diferentes entre as estações de estudo ($p > 0,05$) (Figura 12, 13 e 14, respectivamente).

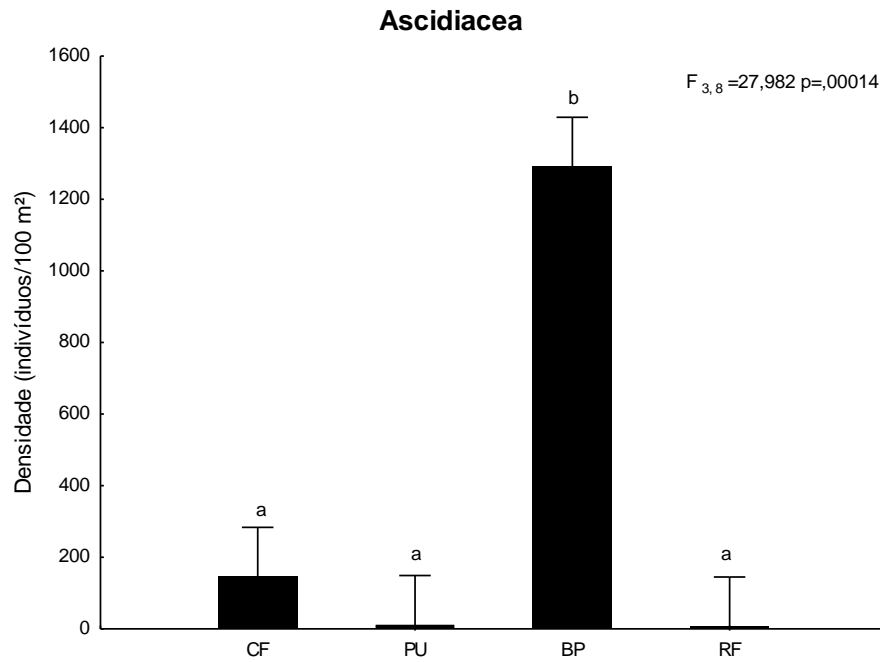


Figura 10 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Ascidiacea coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Letras diferentes indicam diferença significativa entre pares de médias das estações, testada *a posteriori* (Teste de Tukey). ANOVA, $p < 0,05$.

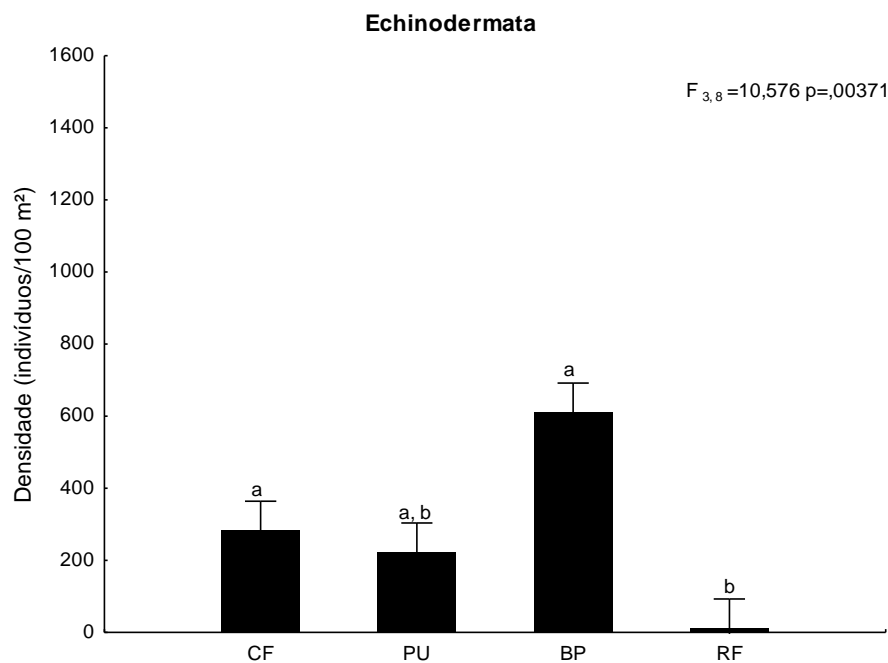


Figura 11 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Echinodermata coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Letras diferentes indicam diferença significativa entre pares de médias das estações, testada *a posteriori* (Teste de Tukey). ANOVA, $p < 0,05$.

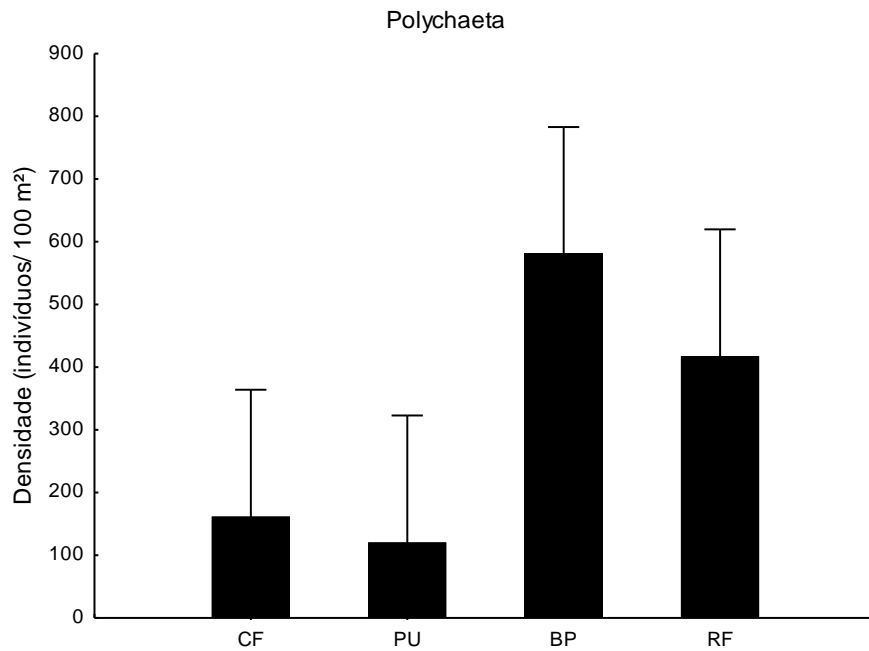


Figura 12 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Polychaeta coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

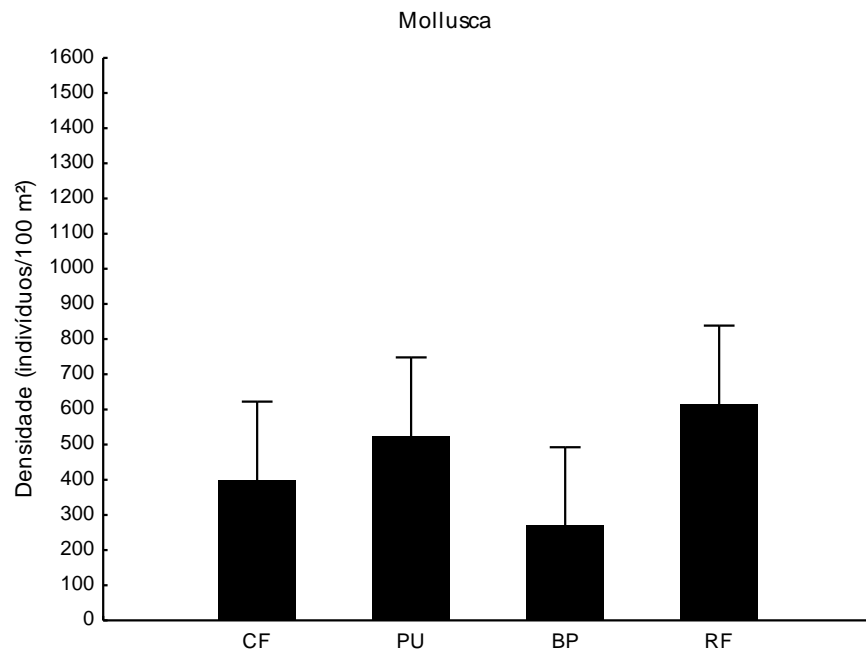


Figura 13 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Mollusca coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

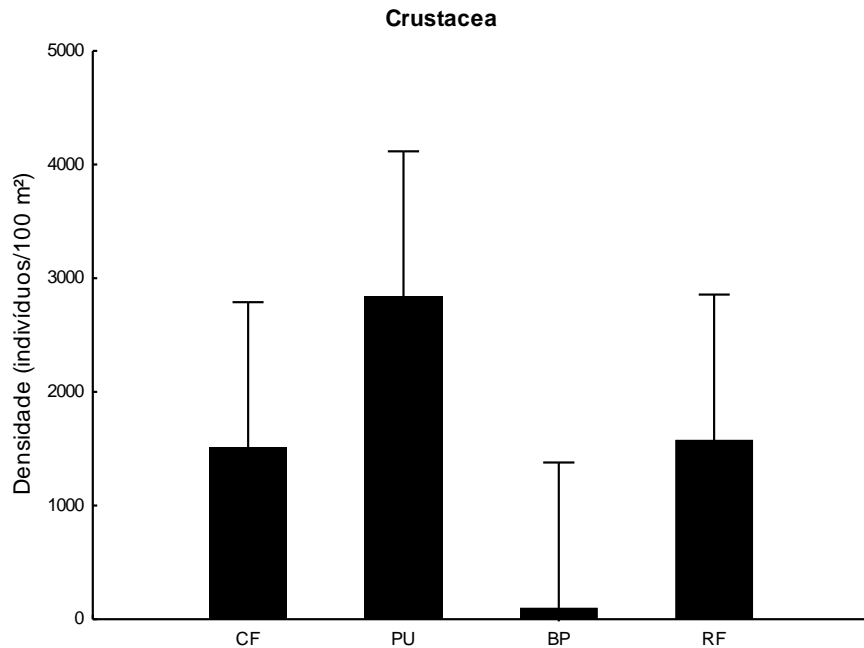


Figura 14 | Densidade média (ind.100 m²) + EP de Crustacea coletado por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

4.3 Riqueza, diversidade e equitabilidade

Em termos de riqueza, foi encontrado um total de 76 táxons de megafauna considerando as amostragens realizadas nas quatro estações do presente estudo. Desses, 37 táxons foram identificados em nível específico e os demais em níveis taxonômicos superiores (Tabela 2). A riqueza média apresentou diferença significativa ($F_{(3,8)}=11,791$; $p=0,00263$) entre as estações de amostragem, onde Botany Point foi a estação com maior número total de táxons (48) e Refúgio II a menor (28) (Figura 15, Tabela 2).

Para a diversidade, o índice de Shannon-Wiener demonstrou que a estação Punta Ullmann foi a que apresentou maior diversidade média ($H'=2,42$) encontrada e, também, o maior equitabilidade média ($J'=0,71$) (Figura 16 e 17). A menor diversidade ($H'=1,7$) e equitabilidade ($J'=0,62$) foram obtidas em Refúgio II, entretanto, essas diferenças não se mostraram significativas (ANOVA, $p > 0,05$).

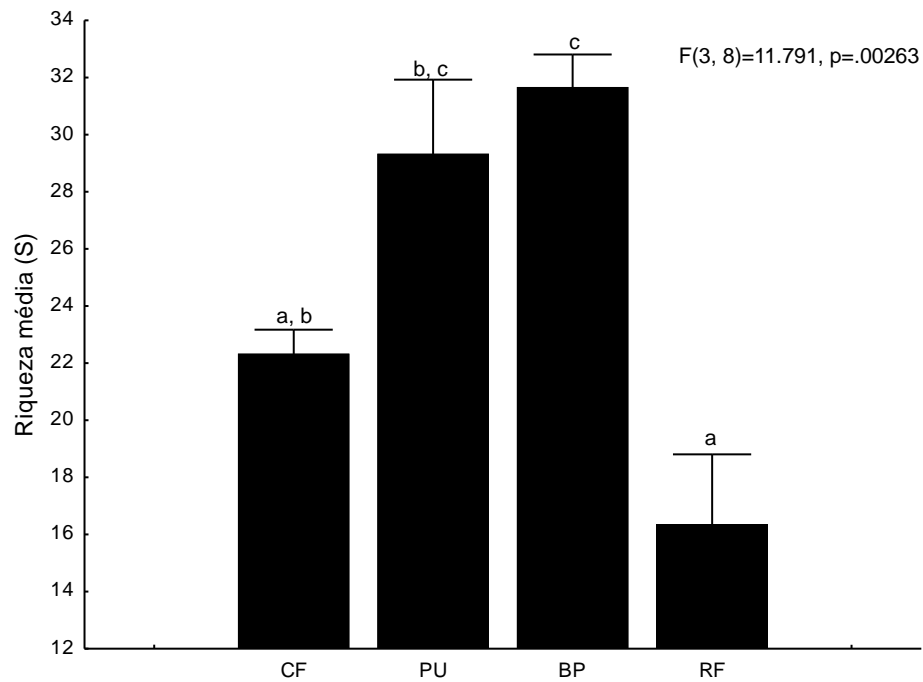


Figura 15 | Riqueza média (+ EP) da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Letras diferentes indicam diferença significativa entre pares de médias das estações, testada *a posteriori* (Teste de Tukey). ANOVA, $p<0,05$.

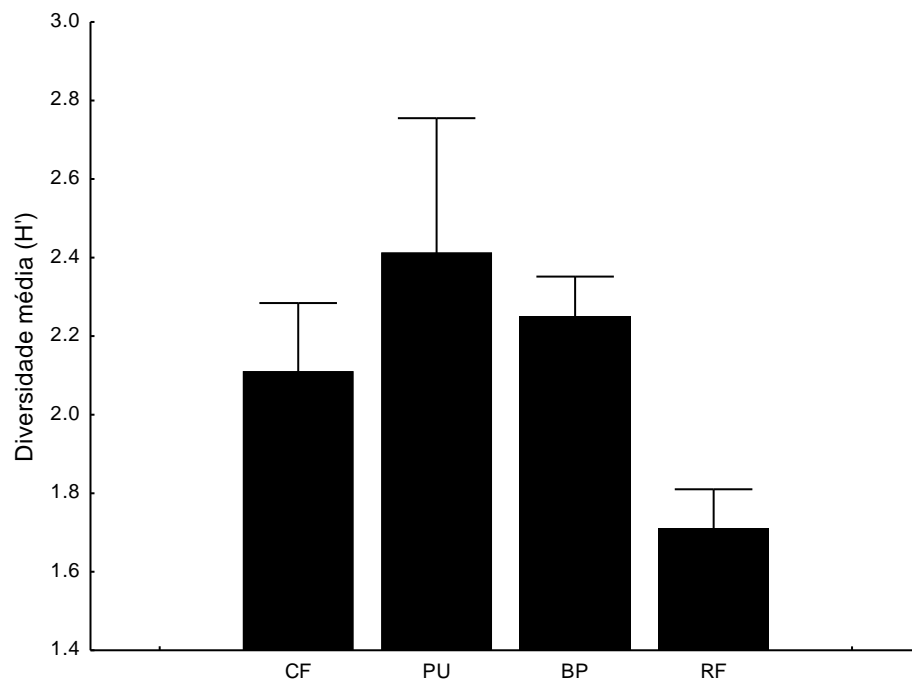


Figura 16 | Diversidade média - H' em \ln (+ EP) da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

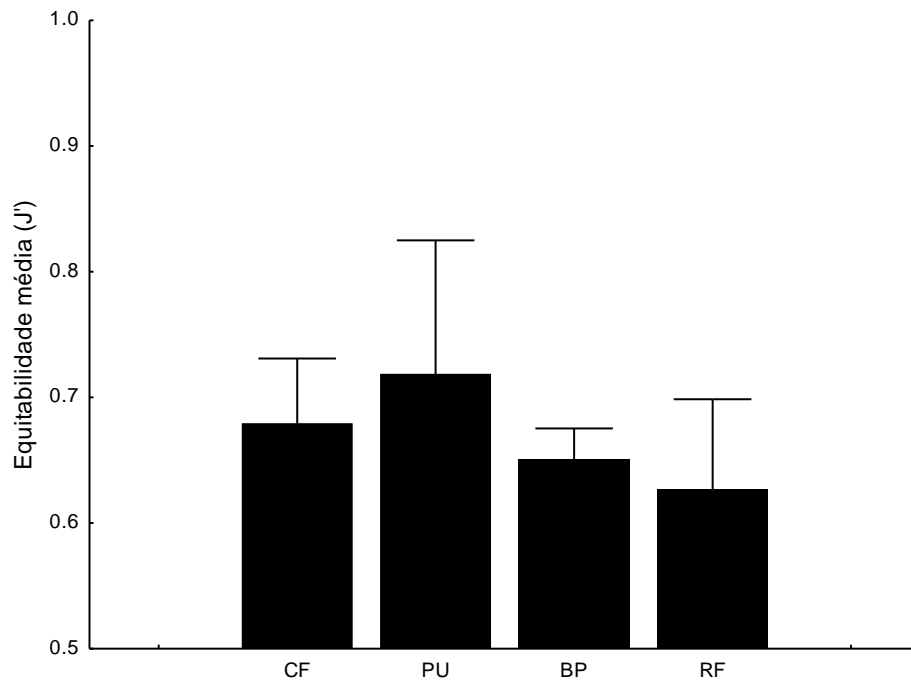


Figura 17 | Equitabilidade média - J' (+ EP) da fauna total coletada por meio de draga bentônica nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George) durante a Operação Antártica XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

4.4 Composição específica

Na faixa batimétrica entre 20 e 30 m, Botany Point foi a estação que apresentou maior número de espécies exclusivas: das 30 espécies que foram identificadas, 8 ocorreram apenas nessa estação. São elas: o equinóide *Ophionotus victoriae* Bell, 1902, o hidrozoário *Oswaldella antarctica* (Jäderholm, 1904), o porífera *Latrunculia apicalis* Ridley & Dendy, 1886, o briozoário *Himantozoum antarcticum* (Calvet, 1909), o gastrópode *Euspira intricata* (= *Natica grisea*) (Donovan, 1804), a ascídia *Pyura georgiana* (Michaelson, 1898), a holotúria *Molpadia musculus* Risso, 1826 e o asteróide *Acodontaster conspicuus* (Koehler, 1920). Ainda que Refúgio II seja a única estação localizada na Enseada de Mackellar, a maiores distâncias, nenhuma das 14 espécies encontradas nessa faixa batimétrica foi exclusiva desta região, sendo a fauna muito similar às demais estações localizadas na Enseada de Martel.

Embora os 5 grandes grupos taxonômicos mais abundantes tenham estado presente nas quatro estações de amostragem (Figura 8), uma análise mais acurada permitiu observar que, dos 76 táxons identificados, apenas 3 tiveram 100% de frequência de ocorrência e, portanto, foram amostrados em todas réplicas das quatro localidades do estudo (12 amostras), foram eles: o isópode *Glyptonotus antarcticus* Eights, 1852, o poliqueta *Barrukia cristata* (Willey, 1902) e o bivalve *Aequiyoldia eightsii* (= *Yoldia eightsii*) (Jay, 1839) (Figura 8). Mollusca foi

o grupo taxonômico mais diverso para a megafauna da Baía do Almirantado, sendo composto por 17 táxons, seguido por Crustacea e Polychaeta, ambos com 14 táxons identificados.

Com relação à densidade média (ind./100 m²) encontrada em cada estação de amostragem, Comandante Ferraz apresentou maior densidade média do isópode *Paraserolis sp.* (573,3 ind./100 m²) seguido do bivalve *Aequiyoldia eightsii* (Jay, 1839) (348,4 ind./100 m²). Em Punta Ullmann, os táxons mais abundantes foram o anfípode *Schraderia gracilis* Pfeffer, 1888 (1.167,2 ind./100 m²) e o equinóide *Sterechinus neumayeri* (Meissner, 1900) (200,5 ind./100 m²). Em Botany Point, o ofiuróide *Ophionotus victoriae* Bell, 1902 (600,3 ind./100 m²) apresentou a maior densidade, seguido da ascídia *Molgula pedunculata* (Herdman, 1881) (487,23 ind./100 m²). Já em Refúgio II, o isópode *Paraserolis sp.* (667,2 ind./100 m²) e o bivalve *Aequiyoldia eightsii* (Jay, 1839) (497,5 ind./100 m²) foram os táxons que apresentaram as densidades mais elevadas (Tabela 2).

Tabela 2 | Densidade média, em ind./100 m² (DP) e frequência de ocorrência (%) dos táxons identificados nas quatro estações de amostragem da Baía do Almirantado: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Espécies que apresentaram maior densidade média por estação (negrito).

Táxons	Espécies	CF	PU	BP	RF	Fo (%)
Anthozoa	Actiniaria	7,7 (13,4)	6,4 (11,1)	0,0	0,0	16,67
	<i>Primnoella sp.</i>	2,6 (4,5)	0,0	0,0	0,0	8,33
Ascidiacea	<i>Aplidium sp.</i>	69,4 (120,2)	0,0	7,7 (3,9)	0,0	33,33
	<i>Cnemidocarpa verrucosa</i> (Lesson, 1830)	38,6 (60,2)	0,0	212,1 (33,0)	2,6 (4,5)	50,00
	<i>Molgula pedunculata</i> (Herdman, 1881)	18,0 (15,6)	0,0	487,2 (226,0)	1,3 (2,2)	50,00
	<i>Corella antarctica</i> Sluiter, 1905	10,3 (17,8)	9,0 (15,6)	88,7 (13,4)	0,0	41,67
	<i>Tylobranchion speciosum</i> Herdman, 1886	5,1 (8,9)	0,0	46,3 (33,6)	0,0	33,33
	<i>Molgula enodis</i> (Sluiter, 1912)	3,9 (6,7)	2,6 (4,5)	437,1 (165,9)	0,0	41,67
	<i>Pyura setosa</i> (Sluiter, 1905)	1,3 (2,20)	0,0	1,3 (2,2)	0,0	16,67
	<i>Ascidia challengerii</i> Herdman, 1882	0,0	0,0	10,3 (11,1)	3,9 (6,7)	33,33
	<i>Pyura georgiana</i> (Michaelsen, 1898)	0,0	0,0	1,3 (2,2)	0,0	8,33
	Bryozoa	<i>Himantozoum antarcticum</i> (Calvet, 1909)	0,0	0,0	10,3 (11,1)	0,0
Hydrozoa	<i>Oswaldella antarctica</i> (Jäderholm, 1904)	0,0	0,0	144,0 (202,6)	0,0	25,00
	Hydrozoa gen. sp. 1	0,0	0,0	6,4 (5,9)	0,0	16,67
Amphipoda	<i>Schraderia gracilis</i> Pfeffer, 1888	54,0 (37,2)	1167,2 (1742,0)	1,3 (2,2)	92,6 (108,6)	75,00
	<i>Liouvillea sp.</i>	38,6 (54,0)	21,9 (19,0)	2,6 (2,2)	10,3 (17,8)	58,33
	<i>Djerboa sp.</i>	30,9 (50,1)	42,4 (40,6)	1,3 (2,2)	2,6 (4,5)	50,00
	Amphipoda	12,9 (22,3)	0,0	0,0	25,7 (44,5)	16,67
	Leucothoidae	11,6 (20,0)	2,6 (4,5)	0,0	0,0	16,67
	<i>Prostebbingia brevicornis</i> (Chevreux, 1906)	6,4 (11,1)	50,1 (42,9)	0,0	217,3 (164,4)	58,33
Isopoda	<i>Bovallia cf. gigantea</i> Pfeffer, 1888	1,3 (2,2)	14,1 (9,7)	0,0	0,0	33,33
	<i>Paraserolis sp.</i>	573,3 (986,4)	3,9 (3,9)	5,1 (4,5)	667,2 (821,4)	75,00

	Munnopsididae	109,3 (139,2)	1,3 (2,2)	15,4 (10,2)	1,3 (2,2)	66,67
	<i>Munna</i> spp.	28,3 (49,0)	138,8 (189,6)	3,9 (6,7)	21,9 (14,6)	58,33
	<i>Glyptonotus antarcticus</i> Eights, 1852	19,3 (13,9)	41,1 (16,1)	6,4 (2,2)	19,3 (16,8)	100,00
	<i>Caecognathia calva</i> (Vanhöffen, 1914)	0,0	19,3 (16,8)	1,3 (2,2)	1,3 (2,2)	33,33
	<i>Plakarthrium punctatissimum</i> (Pfeffer, 1887)	0,0	96,4 (135,0)	0,0	0,0	16,67
	Janiridae	0,0	10,3 (11,8)	0,0	0,0	16,67
	<i>Odontaster validus</i> Koehler, 1906	19,3 (20,0)	16,7 (4,5)	3,9 (3,9)	11,6 (6,7)	91,67
	<i>Psilaster charcoti</i> (Koehler, 1906)	12,9 (13,5)	1,3 (2,2)	0,0	0,0	25,00
Asteroidea	<i>Diplasterias brucei</i> (Koehler, 1907)	1,3 (2,2)	0,0	1,3 (2,2)	0,0	16,67
	<i>Acodontaster conspicuus</i> (Koehler, 1920)	0,0	0,0	1,3 (2,2)	0,0	8,33
	<i>Cuenotaster involutus</i> (Koehler, 1912)	0,0	1,3 (2,2)	1,3 (2,2)	0,0	25,00
Echinoidea	<i>Sterechinus neumayeri</i> (Meissner, 1900)	119,6 (173,7)	200,5 (123,7)	0,0	0,0	50,00
	<i>Abatus</i> sp.	1,3 (2,2)	0,0	0,0	0,0	8,33
Holothuroidea	<i>Molpadia musculus</i> Risso, 1826	0,0	0,0	1,3 (2,2)	0,0	8,33
Ophiuroidea	<i>Amphioplus acutus</i> Mortensen, 1936	128,6 (212,7)	2,6 (4,5)	1,3 (2,2)	0,0	33,33
	<i>Ophionotus victoriae</i> Bell, 1902	0,0	0,0	600,3 (158,4)	0,0	25,00
	<i>Aequiyoldia eightsii</i> (Jay, 1839)	348,4 (164,4)	54,0 (77,0)	221,1 (127,3)	497,5 (490,5)	100,00
	Bivalvia gen. sp. 1	1,3 (2,2)	3,9 (6,7)	5,1 (4,5)	0,0	33,33
	<i>Limatula</i> sp.	0,0	169,7 (28,3)	0,0	0,0	25,00
Bivalvia	<i>Laternula elliptica</i> (King, 1832)	6,4 (5,9)	25,7 (27,1)	2,6 (2,2)	0,0	50,00
	Bivalvia gen. sp. 2	0,0	1,3 (2,2)	5,1 (8,9)	0,0	16,67
	Bivalvia gen. sp. 3	0,0	2,6 (4,5)	0,0	0,0	8,33
	Bivalvia gen. sp. 4	0,0	0,0	12,9 (4,5)	0,0	25,00
	<i>Austrodoris</i> sp.	16,7 (28,9)	0,0	0,0	1,3 (2,2)	16,67
	<i>Margarella antarctica</i> (Lamy, 1905)	9,0 (8,0)	41,1 (51,8)	1,3 (2,2)	0,0	50,00
	<i>Nacella concinna</i> (Strebel, 1908)	7,7 (10,2)	79,7 (69,5)	0,0	64,3 (57,8)	58,33
	<i>Neobuccinum eatoni</i> (E. A. Smith, 1875)	3,9 (6,7)	0,0	16,7 (13,5)	0,0	33,33
Gastropoda	<i>Philine</i> sp.	2,6 (4,5)	29,6 (25,7)	0,0	51,4 (43,0)	58,33
	Gastropoda gen. sp. 2	2,6 (4,5)	0,0	0,0	0,0	8,33
	<i>Pellilitorina</i> sp.	0,0	2,6 (4,5)	1,3 (2,2)	0,0	16,67
	Gastropoda gen. sp. 1	0,0	1,3 (2,2)	0,0	0,0	8,33
	<i>Euspira intricata</i> (Donovan, 1804)	0,0	0,0	2,6 (4,5)	0,0	8,33
Polyplacophora	<i>Chiton</i> sp.	0,0	111,8 (155,4)	0,0	0,0	16,67
Cephalopoda	Cephalopodagen. sp. 1	0,0	1,3 (2,2)	0,0	0,0	8,33
Nemertea	<i>Parborlasia corrugatus</i> (McIntosh, 1876)	0,0	38,6 (36,8)	6,4 (5,9)	34,7 (17,7)	66,67
	<i>Barrukia cristata</i> (Willey, 1902)	109,3 (70,3)	79,7 (36,5)	11,6 (7,7)	322,7 (22,6)	100,00
	<i>Brada villosa</i> (Rathke, 1843)	23,1 (25,3)	0,0	10,3 (8,9)	1,3 (2,2)	41,67
	<i>Terebella ehlersi</i> Gravier, 1907	19,3 (33,4)	24,4 (22,6)	2,6 (2,2)	0,0	50,00
	Flabelligeridae	7,7 (13,4)	0,0	0,0	0,0	8,33
	Flabelligeridae gen. sp. 1	1,3 (2,2)	2,6 (2,2)	14,1 (15,6)	0,0	41,67
	<i>Aglaophamus trissophyllus</i> (Grube, 1877)	1,3 (2,2)	1,3 (2,2)	0,0	3,9 (3,9)	33,33
Polychaeta	Ampharetidae gen. sp. 1	0,0	0,0	1,3 (2,2)	0,0	8,33
	Cirratulidae gen. sp. 1	0,0	0,0	0,0	2,6 (4,5)	8,33
	<i>Helicosyphon</i> sp.	0,0	0,0	449,9 (703,9)	0,0	16,67
	<i>Leaena</i> sp.	0,0	0,0	72,0 (19,0)	0,0	25,00
	Maldanidae gen. sp. 1	0,0	2,6 (4,5)	19,3 (33,4)	3,9 (6,7)	25,00
	<i>Nereis</i> sp.	0,0	6,4 (8,0)	0,0	0,0	16,67

	Orbiniidae gen. sp. 1	0,0	1,3 (2,2)	0,0	83,6 (141,4)	25,00
	Phyllococidae gen. sp. 1	0,0	2,6 (4,5)	0,0	0,0	8,33
Porifera	<i>Latrunculia apicalis</i> Ridley & Dendy, 1886	0,0	0,0	6,4 (8,0)	0,0	16,67
Priapulida		0,0	0,0	0,0	2,6 (4,5)	8,33
Pycnogonida		1,3 (2,2)	0,0	1,3 (2,2)	0,0	16,67
Sipuncula		1,3 (2,2)	23,1 (10,2)	3,9 (3,9)	1,3 (2,2)	58,33
Turbellaria		0,0	195,4 (222,6)	0,0	1,3 (2,2)	33,33
Riqueza total		43	45	48	28	



Figura18 | Diversidade da megafauna bentônica encontrada na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica. (a) *Laternula elliptica*; (b) *Laternula elliptica*; (c) *Pista* sp.(d) *Maldane sarsi antarctica*; (e) *Glyptonotus antarcticus*; (f) *Paraserolis polita*; (g) Terebellidae; (h) *Pista cristata*; (i) *Parborlasia corrugatus*; (j) *Amphioplus acutus*; (k) *Odontaster validus*. Fotos: Rafael B. de Moura.

4.5 Distribuição espacial da megafauna

O resultado da análise de ordenação (n-MDS) demonstrou a separação espacial, de forma bem marcada, entre todas as estações de estudo (Figura 19). Segundo a PERMANOVA, houve diferença entre as estações de amostragem ($p=0,001$). Além de apresentar diferenças significativas entre as estações localizadas em enseadas diferentes (Tabela 3), como é o caso de Punta Ullmann e Refúgio II ($p=0,04$) que estão localizadas na Enseada de Martel e Mackellar, respectivamente, também houve diferença entre as estações de amostragem localizadas na mesma enseada, não muito distantes espacialmente. Botany Point foi diferente de todas as demais estações da Enseada Martel (Comandante Ferraz e Punta Ullmann), assim como de Refúgio II, localizada na Enseada Mackellar, apresentou maior diferença significativa ($p=0,008$). Comandante Ferraz, entretanto, não apresentou diferenças em relação à Punta Ullmann e Refúgio II.

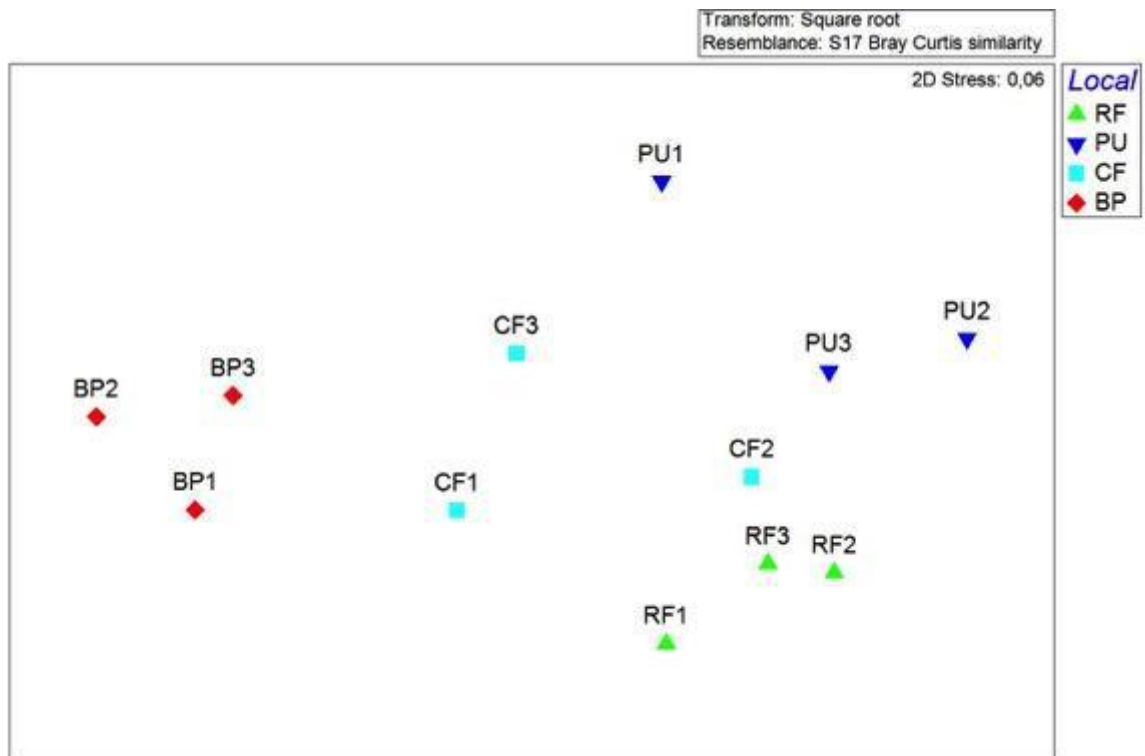


Figura 19| Escalonamento multidimensional não métrico (n-MDS), em duas dimensões (2D stress: 0,06), mostrando o agrupamento das amostras obtidas para as diferentes estações de amostragem da OA XXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

Tabela 3 | Resultados dos testes pareados da PERMANOVA entre as quatro estações de amostragem da OAXXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). (*) Valores significativos ($p < 0,05$)

Grupos	t	P (perm)	perms	P(MC)
RF, PU	1,8601	0,094	10	0,041*
RF, CF	1,506	0,105	10	0,11
RF, BP	3,6012	0,098	10	0,008*
PU, CF	1,3743	0,198	10	0,176
PU, BP	2,8917	0,098	10	0,01*
CF, BP	2,162	0,108	10	0,027*

As análises do SIMPER permitiram observar as dissimilaridades médias (Tabela 4) entre as estações de amostragem, quando comparadas em pares, expressa pelas espécies o qual mais contribuíram, em percentual, para essa dissimilaridade. A menor dissimilaridade média foi observada entre Refúgio II e Comandante Ferraz (62,09%), sendo *Paraserolis sp.* (Isopoda) e *Prostebbingia brevicornis* (Amphipoda) as espécies que mais contribuíram para essa dissimilaridade. Por outro lado, a maior dissimilaridade entre os pares de grupos foi encontrada entre as estações Punta Ullmann e Botany Point (84,85%) sendo *Ophionotus victoriae* (Ophiuroidea) e *Molgula pedunculata* (Ascidiacea) as espécies que mais contribuíram para isso.

Tabela 4 | Análise SIMPER com as espécies que melhor contribuem (%) para a dissimilaridade entre os pares de grupos e a densidade média de cada espécie contribuinte por grupo. Grupos = estações de amostragem da OA XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). Espécies que mais contribuem para a dissimilaridade (negrito).

Grupos (em pares)	Abundância média	Abundância média	Contribuição %	Acumulado %
RF & PU	RF	PU		
Dissimilaridade média: 66,78				
<i>Paraserolis sp.</i>	11,47	0,8	10,13	10,13
<i>Schraderia gracilis</i>	3,85	12,96	9,26	19,38
<i>Aequiyoldia eightsii</i>	10,41	3,03	7,5	26,88
<i>Sterechinus neumayeri</i>	0	6,98	6,33	33,22
<i>Barrukia cristata</i>	9,14	4,45	4,79	38,01
<i>Limatula sp.</i>	0	5,53	4,69	42,7
Turbellaria	0,33	5,92	4,42	47,12
<i>Prostebbingia brevicornis</i>	7,02	3,22	4,34	51,46

RF & CF	RF	CF		
Dissimilaridade média: 62,09				
<i>Paraserolis sp.</i>	11,47	7,5	11,74	11,74
<i>Prostebbingia brevicornis</i>	7,02	0,75	7,22	18,96
<i>Sterechinus neumayeri</i>	0	4,53	4,85	23,81
<i>Aequiyoldia eightsii</i>	10,41	9,31	4,75	28,56
Munnopsididae	0,33	4,61	4,63	33,19
<i>Barrukia cristata</i>	9,14	5,13	4,62	37,81
<i>Amphioplus acutus</i>	0	3,86	4,49	42,3
<i>Nacella concinna</i>	3,32	1,08	3,45	45,75
Orbiniidae Gen. sp. 1	3	0	3,41	49,16

PU & CF	PU	CF		
Dissimilaridade média: 66,98				
<i>Schraderia gracilis</i>	12,96	3,6	8,65	8,65
<i>Paraserolis sp.</i>	0,8	7,5	5,99	14,64
<i>Aequiyoldia eightsii</i>	3,03	9,31	5,86	20,5
Turbellaria	5,92	0	4,56	25,06
<i>Limatula sp.</i>	5,53	0	4,5	29,56
Munnopsididae	0,33	4,61	3,8	33,36
<i>Sterechinus neumayeri</i>	6,98	4,53	3,51	36,87
<i>Amphioplus acutus</i>	0,47	3,86	3,45	40,32
<i>Munna spp.</i>	4,53	1,56	3,31	43,64
<i>Chiton sp.</i>	4,04	0	3,03	46,66
<i>Plakarthurium punctatissimum</i>	3,74	0	2,76	49,42

RF & BP	RF	BP		
Dissimilaridade média: 81,59				
<i>Ophionotus victoriae</i>	0	12,4	8,76	8,76
<i>Molgula pedunculata</i>	0,33	11,05	7,55	16,31
<i>Molgula enodis</i>	0	10,53	7,43	23,73
<i>Paraserolis sp.</i>	11,47	0,94	7,26	30,99
<i>Barrukia cristata</i>	9,14	1,66	5,33	36,32
<i>Helicosyphon sp.</i>	0	7,63	5,14	41,46
<i>Prostebbingia brevicornis</i>	7,02	0	4,94	46,41
<i>Cnemidocarpa verrucosa</i>	0,47	7,4	4,9	51,31

PU & BP	PU	BP		
Dissimilaridade média: 84,85				
<i>Ophionotus victoriae</i>	0	12,4	7,44	7,44
<i>Molgula pedunculata</i>	0	11,05	6,61	14,04
<i>Schraderia gracilis</i>	12,96	0,33	6,41	20,45
<i>Molgula enodis</i>	0,47	10,53	5,93	26,38
<i>Cnemidocarpa verrucosa</i>	0	7,4	4,45	30,83
<i>Helicosyphon sp.</i>	0	7,63	4,38	35,21
<i>Sterechinus neumayeri</i>	6,98	0	4	39,21

<i>Oswaldella antarctica</i>	0	5,06	3,13	42,34
Turbellaria	5,92	0	3,09	45,43
<i>Limatula sp.</i>	5,53	0	3,01	48,44
<i>Aequiyoldia eightsii</i>	3,03	7,33	2,84	51,28

CF & BP	CF	BP		
Dissimilaridade média: 72,26				
<i>Ophionotus victoriae</i>	0	12,4	9,53	9,53
<i>Molgula enodis</i>	0,58	10,53	7,61	17,14
<i>Molgula pedunculata</i>	1,76	11,05	7,03	24,17
<i>Helicosyphon sp.</i>	0	7,63	5,6	29,77
<i>Paraserolis sp.</i>	7,5	0,94	5,04	34,82
<i>Oswaldella antarctica</i>	0	5,06	4,02	38,84
<i>Cnemidocarpa verrucosa</i>	2,24	7,4	3,87	42,7
<i>Sterechinus neumayeri</i>	4,53	0	3,32	46,02
<i>Leaena sp.</i>	0	4,29	3,31	49,33

5. Discussão

Os 76 táxons identificados no presente estudo já foram registrados anteriormente para a Baía do Almirantado em uma síntese recente feita por Siciński *et al.* (2011), que inventariaram cerca de 1.300 espécies bentônicas entre a faixa batimétrica de 0 a 500 m de profundidade. A distribuição espacial desses táxons é bem distinta entre as estações de amostragem, apresentando diferenças significativas tanto em relação à riqueza média de táxons quanto à densidade de Ascidiacea e Echinodermata, mesmo em uma escala espacial consideravelmente pequena, isto é, dentro da mesma enseada. O mesmo foi observado em outras localidades não amostradas no presente estudo, como a enseada Ezcurra (Baía do Almirantado) e Potter Cove (Baía de Maxwell, Ilha Rei George) (Jazdewski *et al.*, 1986; Sahade *et al.*, 1998; Siciński *et al.*, 2011).

Entretanto Potter Cove, por exemplo, difere de todas as estações de amostragem da Baía do Almirantado, exceto Botany Point no que se refere à dominância de Ascidiacea. Tanto para Potter Cove quanto para Botany Point, em Martel, a espécie *Molgula pedunculata* foi a que apresentou maiores valores de densidade, sendo dominante em ambas as regiões para a batimetria de 20 a 30 m. Potter Cove também apresentou valores similares de diversidade e equitabilidade (H' : 0,8 – 1,0; J : 0,4 – 0,7) a 25 m com relação ao encontrado no presente estudo para Botany Point (H' : 0,97 – J : 0,65) (Sahade *et al.*, 1998). Ainda é possível identificar essas diferenças, de forma mais acentuada, entre enseadas da mesma baía. A Enseada Ezcurra apresentou dominância de Polychaeta em duas localidades amostradas por

Jazdewski *et al.* (1986): Thomas Point e Gdynia Point. Isto é diferente do padrão encontrado para todas as estações de amostragem do presente estudo, que evidenciou, em nível de grandes grupos taxonômicos, a dominância de Crustacea, exceto para Botany Point, onde dominou Ascidiacea.

Há de se considerar, portanto, que Baía do Almirantado apresenta uma heterogeneidade ambiental importante (Siciński *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2013). A biota Antártica, como um todo, é única e apresenta uma capacidade limitada de adaptação às modificações ambientais que ocorrem na região (Rogers *et al.*, 2012) e, ao contrário da zona profunda, a zona rasa geralmente está sujeita à grande variabilidade de fatores físicos e, também, mecânicos em função de mudanças sazonais na formação e fusão de gelo (Sahade *et al.*, 1998, Gutt, 2001; Lagger *et al.*, 2007; Gutt *et al.*, 2011; Siciński *et al.*, 2011, Montone *et al.*, 2013).

A heterogeneidade ambiental da Baía do Almirantado também pode ser evidenciada se comparada às diferentes isóbatas de uma mesma estação. Embora o presente estudo não tenha obtido uma amostragem em transecto da zona rasa para a zona mais profunda, estudos pretéritos como Jazdewski *et al.* (1986), Sahade *et al.*, (1998) e Nonato *et al.* (2000) observaram que, em profundidades de até 20 m, a fauna é mais frequentemente acometida por distúrbios causados pelo gelo e muitas regiões de substrato descoberto são encontradas. A megafauna bentônica nessa região pode ser caracterizada por uma baixa riqueza e diversidade, onde espécies com ciclo de vida curto, alta taxa de crescimento, r-estrategistas, oportunistas e com mobilidade dominam o ambiente. Já em profundidades superiores a 30 m, o impacto do gelo diminui e as comunidades são mais ricas e diversas, com a ocorrência de formas sésseis e sob influência de fatores de ordem biológica como predação, competição, taxa de colonização de larvas e taxa de assentamento. Desse modo, a faixa batimétrica entre 20 e 30 m se caracteriza como uma zona de transição, onde modificações na estruturação da comunidade podem ser observadas de um local para outro, com dominância tanto de formas vageis, como em Punta Ulmann, como de espécies sedentárias ou sésseis, como em Botany Point.

Todas as espécies que mais contribuíram para as dissimilaridades médias (SIMPER) identificadas entre estações estudadas (*Barrukia cristata*, *Molgula enodis*, *Molgula pedunculata*, *Ophionotus victoriae*, *Sterechinus neumayeri* e *Schraderia gracilis*), foram observadas na lista de Siciński *et al.* (2011) sendo abundantes para a Baía do Almirantado. Ao todo, das 37 espécies identificadas no presente estudo, 27 estão contempladas na lista das espécies mais abundantes do estudo de Siciński *et al.* (2011).

O substrato é um dos principais fatores estruturadores da comunidade bentônica e, na Baía do Almirantado, os fundos heterogêneos são compostos por seixos, cascalho, areias, silte e argila em proporções bem diferentes (Siciński *et al.*, 2011). A zona costeira rasa tem maiores variações do que a zona central da baía, que é mais profunda e composta predominantemente por sedimentos finos (Campos *et al.*, 2013). Isso foi observado no presente estudo, onde o percentual de cascalho, areia e lama foi variável entre os locais. Segundo Campos *et al.* (2013), o hidrodinamismo também pode ser um importante fator estruturador de comunidades bentônicas. Na Enseada Martel, onde estão localizadas três estações estudo, existe uma grande variedade de substratos. A estação Comandante Ferraz, que está localizada na parte oeste da Enseada de Martel, possui hidrodinamismo moderado, e foi caracterizada, no presente estudo, com relação à granulometria, como uma estação arenosa, embora Nonato *et al.* (2000) tenham encontrado, para esta região, maiores contribuições de silte. Contudo, uma variação temporal na granulometria do sedimento pode ser observada nestas áreas. Essa estação também apresentou a maior concentração de carbono orgânico total ($0,49 \pm 0,21$ %) em relação às outras áreas de estudo, similar ao observado por Schaefer *et al.* (2004) e Campos *et al.* (2013). A maior razão C/N obtida para a estação Comandante Ferraz pode indicar o aporte de esgoto doméstico que, segundo Campos *et al.*, (2013), em função de correntes locais, pode chegar a atingir até 400 m de distância do ponto de origem.

Punta Ullmann, localizada mais ao fundo da Enseada Martel, foi caracterizada, no presente estudo, por apresentar maiores proporções de cascalho do que as outras estações. Botany Point, que está localizada a sudeste da Enseada Martel, em sentido oposto ao da estação Comandante Ferraz, apresentou grandes proporções de areia e silte-argila. Refúgio II, que está localizada na costa leste da enseada de Mackellar, apresentou maior contribuição de partículas mais finas, como silte e argila e, também um percentual de carbono orgânico total de $0,45 \pm 0,09$ %. Segundo Gomes (1999) e Campos *et al.* (2013) Refúgio II se caracteriza como local de baixo hidrodinamismo, o que explica a predominância de sedimentos mais finos. Já na Enseada Ezcurra, a concentração de partículas mais finas é menor, e a areia predomina (Schaefer *et al.*, 2004; Siciński *et al.*, 2011; Campos *et al.*, 2013). Esses estudos apontam que o hidrodinamismo, em geral, é mais intenso em Ezcurra, seguido de Martel e, por último, a Enseada Mackellar, que possui áreas mais abrigadas, o que pode ser explicado pela predominância de partículas finas de sedimento. Segundo Schaefer *et al.* (2004) e Siciński *et al.*, (2011), essas regiões de maior hidrodinamismo predominam as areias ou sedimentos mais grosseiros (cascalho), conseqüentemente, favorecendo a presença de organismos suspensívoros ou generalistas oportunistas. Características como estas foram

observadas pelo presente estudo nas estações Punta Ullmann e Botany Point. Por outro lado, em regiões mais abrigadas, com baixo hidrodinamismo, como é o caso de Refúgio II, a predominância é de sedimentos mais finos e a presença de organismos depositívoros é favorecida neste tipo de substrato. Considerando apenas o compartimento da megafauna, Ascidiacea, Echinodermata e Polychaeta se destacaram como grupos mais abundantes nos estudos de Wagele & Brito (1990), Nonato *et al.* (2000) e Siciński *et al.* (2011). O presente estudo identificou, além desses grupos, Crustacea e Mollusca como os grupos taxonômicos mais abundantes. Devido à proximidade entre as estações de amostragem localizadas na Enseada de Martel, esperava-se encontrar uma fauna mais homogênea, mas essa foi expressa por uma grande variedade de táxons dispostos de forma heterogênea entre as estações desta enseada, o que implica, para estudos em longo prazo, na necessidade de se incluir mais áreas para monitoramento na Baía do Almirantado.

Dentre as quatro estações de amostragem do presente estudo, Botany Point foi a única que apresentou diferenças significativas na assembleia de megafauna quando comparada às demais. Embora Botany Point tenha apresentado a maior riqueza de táxons, essa estação de amostragem não apresentou o maior valor de diversidade e equitabilidade, sendo bastante distinta das demais estações devido à alta densidade de poucas espécies, principalmente pelo ofiúro *Ophionotus victoriae* e a ascídia *Molgula pedunculata*, espécies que mais contribuíram para a dissimilaridade (84,85 %) entre Botany Point e Punta Ullmann, por exemplo.

Nonato *et al.* (2000) registraram uma modificação considerável da fauna a partir de 25m de profundidade, indicando essa batimetria como a zona onde surgem as maiores densidades de organismos sedentários ou sésseis, como ascídias e esponjas. A alta densidade ascídia *M. pedunculata* em Botany, nessa faixa de profundidade, confirma que existem condições ambientais propícias ao estabelecimento de organismos sésseis e filtradores nesta zona, sugerindo um menor impacto do gelo e maior quantidade de partículas em suspensão na coluna d'água. As ascídias tendem a dominar em locais com baixa frequência de distúrbios físicos, mas com fortes interações biológicas. Com destaque à dominância de *Molgula pedunculata*, Sahade *et al.* (1998) a caracterizaram como uma espécie detentora de vantagem na competição bentônica devido à sua morfologia, a qual impede que outras espécies se estabeleçam ao redor, diferente de outras ascídias que são importantes fontes de substrato para a colonização de diversas espécies (Louzada, 2016). Além disso, um dos predadores mais importantes dessa ascídia é a espécie de estrela-do-mar *Diplasterias brucei*, que não foi encontrada em altas densidades nessa localidade, podendo também explicar a dominância de *Molgula pedunculata*.

Já *Ophionotus victoriae* foi encontrado exclusivamente em Botany Point, nessa faixa batimétrica. No entanto, essa é uma das espécies de ofiuróide mais abundantes na Baía do Almirantado (Soares, 2013) e muito importante para a estruturação da fauna, podendo ser encontrada em profundidades que vão de 5 a 1.266 m (Grange *et al.*, 2005 *apud* Soares, 2013). O presente estudo identificou uma densidade de 6,0 ind./m² para os meses de Janeiro a Fevereiro de 2011. Porém, Cranmer *et al.* (2003) identificaram um quantitativo que variou de 1,32 a 11,76 ind/m² para Ilha Deception, localizada no mesmo Arquipélago, sendo o pico de densidade obtido fora do período do verão, no mês de Junho, o que sugere a existência de diferenças temporais influenciando na densidade dessa espécie de local para local. Essa diferença temporal pode estar provavelmente relacionada com a disponibilidade de alimento. Cranmer *et al.*, (2003) observaram uma correlação significativa entre a sedimentação de matéria orgânica e a densidade de *O. victoriae*, o que pode ser intensificada com os processos de degelo do verão que resultam na resuspensão de material do fundo marinho (Lange, 2011). Essa espécie possui hábitos alimentares distintos, sendo considerada oportunista-generalista, com alta plasticidade trófica e importante estruturadora de comunidades bentônicas (Soares, 2013). A aparente ausência dessa espécie nessa profundidade nas outras estações pode estar relacionada a outros fatores ambientais ou biológicos não abordados no presente estudo.

Em Comandante Ferraz, o isópode *Paraserolis sp.*, o bivalve *Aequiyoldia eightsii* e ofiúro *Amphioplus acutus* foram dominantes. Nonato *et al.*(2000), no entanto, registraram, através de mergulhos autônomos realizados em três verões austrais distintos, outros táxons com maior abundância para a faixa batimétrica de 25 m nesta mesma estação, sendo eles o nemertíneo *Parborlasia corrugatus*, o gastrópode *Neobuccinum eatoni*, o bivalve *Laternula elliptica*, o isópode *Glyptonotus antarcticus*, o ofiúro *Ophionotus victoriae* e o asteróide *Odontaster validus*, bem como formas sésseis como ascídias, anêmonas e esponjas. Com exceção do isópode e ofiúro encontrados no presente estudo, os demais táxons também foram observados em Comandante Ferraz, porém não foram os mais abundantes. A aparente diferença temporal na megafauna, entre 1991 e 2011, pode ter ocorrido devido às limitações metodológicas do estudo de Nonato *et al.* (2000), que foi feito através de estimativa visual, em mergulho autônomo, o que poderia ter subestimado organismos de pequeno porte da epifauna. Isto sugere que, para isóbatas acima de 20 m, pegadores de sedimento ou dragas são metodologias mais recomendáveis para estudos quantitativos e inventários, apesar de se tratar de métodos de amostragem destrutivos.

Com relação à densidade média total em Comandante Ferraz, o valor obtido de 19 ind./m² encontra-se dentro da faixa de maior abundância observada por Nonato *et al.* (2000). No entanto, Echeverría *et al.* (2005) identificaram, para esta mesma isóbata em Comandante

Ferraz, valores muito maiores de densidade média (cerca de 194 ind./m²), sendo as maiores abundâncias encontradas para *Aequiyoldia eightsii*, *Aglaophamus ornatus*, *Barrukia cristata*, *Ophionotus victoriae*, *Serolis polita* e *Thracia meridionalis*. A riqueza, diversidade e equitabilidade média também variaram entre os três estudos em questão, sendo que em Nonato *et al.* (2000), foram registrados os menores valores. A diferença identificada entre os estudos para a estação de Comandante Ferraz pode ser explicada não somente pela diferença na metodologia amostral utilizada, mas também por diferenças interanuais que precisam ser melhor investigadas.

As duas espécies mais abundantes em Refúgio II, na enseada Mackellar, foram as mesmas encontradas em Comandante Ferraz (o isópode *Paraserolis sp.* e o bivalve *Aequiyoldia eightsii*), estação de amostragem localizada na Enseada de Martel, a maiores distâncias. A presença dessas duas espécies dominantes nessas estações de amostragem justifica-se pela semelhança em relação aos maiores valores de C orgânico total (COT) encontrados nessas estações, tendo sido registrado $0,49 \pm 0,21$ % para Comandante Ferraz e $0,45 \pm 0,09$ % para Refúgio II. Dentre as três enseadas da Baía do Almirantado, a Enseada Mackellar é a que possui o menor grau de hidrodinamismo (Gomes, 1999; Campos *et al.*, 2013) e, por esse motivo, partículas mais finas de sedimento e, conseqüentemente, de matéria orgânica, são encontradas nessa região em maior quantidade. Essas condições podem gerar maior ocorrência de indivíduos detritívoros (Gutt, 2007), o que explicaria a maior densidade média de *A. eightsii* ter sido encontrada em Refúgio II.

Em Punta Ullmann, a abundância do anfípode *Schraderia gracilis* e do equinóide *Sterechinus neumayeri* pode ser explicada pela grande disponibilidade de macroalgas nessa região, que está entre as três principais fontes de alimento da Baía do Almirantado (fitoplâncton, microfítobentos e macroalgas) segundo Corbisier *et al.* (2004) e Siciński *et al.* (2011). *Sterechinus neumayeri* foi encontrado apenas em Punta Ullmann e Comandante Ferraz, com densidades de 2 e 1,2 ind./m², respectivamente, para a faixa batimétrica de 20 a 30 m. Cranmer *et al.* (2003) registraram valores menores de densidade dessa espécie (0,08 a 1,07 ind./m²), sendo um dos táxons mais dominantes, entre 150 a 160 m de profundidade para Port Foster, na Ilha Deception, evidenciando que essa espécie ocorre em maiores densidades em águas mais rasas, onde bancos de macroalgas podem ocorrer. As dragagens de fundo realizadas na Operação Antártica XXIX evidenciaram um quantitativo de cerca de 12 kg de macroalgas para essa Punta Ullmann (Lavrado *et al.*, dados não publicados), sendo este o maior valor encontrado entre as quatro estações de amostragem, seguido de Comandante Ferraz (7,5 kg), Refúgio II (3,72 kg) e Botany Point (0,96 kg). Sabe-se que a Baía do Almirantado possui uma zona fital que cobre aproximadamente 1/3 da área da Baía (Oliveira

et al., 2009). Além disso, Zieliński (1990) estimou uma biomassa total de aproximadamente 74.000 toneladas de macroalgas para a baía toda. Essa alta biomassa indica a grande importância ecológica desses produtores primários para a região, uma vez que estes são importantes fontes de alimento e refúgios para muitos organismos bentônicos (Siciński *et al.*, 2011).

No geral, a estrutura das comunidades bentônicas, onde há grande quantidade de macroalgas, é muito rica, pois elas oferecem maior possibilidade de microhabitats e comida para diversos táxons, em especial, para crustáceos herbívoros (Pavia *et al.*, 1999). Os grupos Amphipoda, Bivalvia, Gastropoda, Polychaeta e Nemertinea habitam geralmente substratos inconsolidados, mas também são encontrados associados às macroalgas, sendo Amphipoda o táxon geralmente dominante no fital (Lippert *et al.*, 2001 e Takeuchi & Watanabe, 2002). Além disso, as macroalgas representam o principal item alimentar da espécie *Sterechinus neumayeri* (Corbisier *et al.*, 2004), uma das espécies mais abundantes em Punta Ulmann. As macroalgas também são importantes para a espécie de anfípode *Schraderia gracilis*, que se encontra frequentemente associada ao fital, especialmente a macroalgas do gênero *Desmarestia*, muito comum em toda a Baía do Almirantado (Zieliński, 1990; Oliveira, 2016). Além disso, organismos depositívoros e/ou onívoros como poliquetas, anfípodes, holotúrias e equinóides tem uma dieta que pode incluir fragmentos de macroalgas e matéria orgânica do sedimento, se alimentando inclusive no microfitobentos e do meiobentos (Corbisier *et al.*, 2004). Considerando que os bancos de macroalgas se distribuem de forma heterogênea na Baía, as diferenças encontradas entre os três pontos amostrados em Martel poderiam também ser explicados pela disponibilidade de microhabitats gerados por esses bancos.

Os dados do presente estudo não permitem uma comparação da fauna entre diferentes faixas batimétricas, pois foram amostrados apenas na faixa de 20 a 30 m de profundidade e nem temporal devido à megafauna ter sido coletada apenas durante um período de verão, em 2011. No entanto, fornecem informações importantes para a caracterização da megafauna no que diz respeito à distribuição espacial na Baía do Almirantado e criam uma linha de base a partir da qual possa detectar, prever e comparar as mudanças que ocorrem em diferentes escalas espaciais e temporais da biota marinha antártica.

Compreender as relações entre os parâmetros físicos e a distribuição e abundância dos táxons bentônicos é importante para melhorar nossa compreensão dos fatores que impulsionam a biodiversidade e a distribuição de espécies na plataforma antártica. Cummings *et al.* (2018) reforçam a importância de se obter variáveis ambientais e biológicas em longo prazo, de forma que se possa compreender os padrões das comunidades, o que poderia

explicar até 95% da variabilidade encontrada. Essas observações constantes podem ser poderosas para detectar respostas e atribuir as causas das mudanças de forma que, no futuro, seja possível identificar parâmetros-chaves que auxiliem na previsão da fauna em maior escala.

Deste modo, o monitoramento a longo prazo da região da Baía do Almirantado se faz necessário para compreender modificações na estrutura das comunidades bentônicas, contribuindo ao mesmo tempo para distinguir os impactos naturais dos antropogênicos (Montone *et al.*, 2013). A Baía do Almirantado pode ser reconhecida como um modelo adequado para tais fins, devido à quantidade considerável de dados coletados nesta área, o que classifica esta região entre as áreas antárticas mais conhecidas (Siciński *et al.*, 2011)

6. Conclusões

A Baía do Almirantado, como um todo, apresenta grande variabilidade da megafauna bentônica, sendo possível identificar diferenças tanto entre diferentes enseadas, quanto dentro de uma mesma enseada. A megafauna em geral, é dominada por Crustacea, Mollusca, Ascidiacea, Polychaeta e Echinodermata, com variação de dominância entre esses grupos dependendo do local.

Essa heterogeneidade reflete diferenças relacionadas ao tipo de substrato, grau de hidrodinamismo e disponibilidade de matéria orgânica no sedimento e macroalgas e deve ser considerada no planejamento de áreas para fins de monitoramento ambiental.

Botany Point, que está localizada na Enseada de Martel, foi a estação que apresentou maior riqueza de táxons e maiores diferenças significativas tanto com relação às estações da mesma enseada quanto com relação à Refúgio II, que está localizada na Enseada de Mackellar, o que a torna uma área interessante para fins de monitoramento a longo prazo, juntamente com a estação Comandante Ferraz, em função do impacto antropogênico nessa área. Já em Punta Ullmann, o maior valor de diversidade encontrado e o fato de ser uma área onde foi identificada maior concentração de macroalgas reforçam a necessidade de se monitorar ambientes de fital por implicarem na maior disponibilidade de micro-habitats. Refúgio II, apesar de se encontrar em outra enseada, pode ser utilizada como uma espécie de área controle para avaliação futura dos impactos antropogênicos gerados pela estação de pesquisa brasileira Comandante Ferraz, por ser similar em termos de composição de megafauna.

7. Referências bibliográficas

- Aronson, R.B.; Thatje, S.; Clarke, A.; Peck, L.S.; Blake, D.B.; Wilga, C.D.; Seibel, B.A., 2007. Climate change and the invasibility of the Antarctic benthos. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 38: 129-154 pp.
- Barnes, D.K.A.; Conlan, K.E., 2007. Disturbance, colonization and development of Antarctic benthic communities. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 362: 11-38 pp.
- Bromberg, S.; Nonato, E. F.; Corbisier, T. N. & Petti, M. A. V., 2000. Polychaete distribution in the near-shore zone of Martel Inlet, Admiralty Bay (King George Island, Antarctica). *Bulletin of Marine Science*, 67(1):175-188 pp.
- Brown, K.M.; Fraser, K.P.P.; Barnes, D.K.A.; Peck, L.S., 2004. Links between the structure of Antarctic shallow-water community and ice-sour frequency. *Oecologia*, 141: 121-129 pp.
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. 2007. Invertebrados, 2ª ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 968 pp.
- Campos, L.S.; Bassoi, M.; Nakayama, C.; Valentin, Y.Y.; Lavrado, H.P.; Menot, L.; Sibuet, M., 2011. Antarctic ~ South American interactions in the marine environment: a COMARGE and CML effort through the south American consortium on Antarctic marine biodiversity. *Oecologia Australis*, 15(1): 5-22 pp.
- Campos, L.S.; Barboza, C.A.M.; Bassoi, M.; Bernardes, M.; Bromberg, S.; Corbisier, T.N.; Fontes, R.F.C.; Gheller, P.F.; Hajdu, E.; Kawall, H.G.; Lange, P.K.; Lanna, A.M.; Lavrado, H.P.; Monteiro, G.C.S.; Montone, R.C.; Morales, T.; Moura, R.B.; Nakayama, C.R.; Oackes, T.; Paranhos, R.; Passos, F.D.; Petti, M.A.V.; Pellizari, V.H.; Rezende, C.E.; Rodrigues, M.; Rosa, L.H.; Secchi, E.; Tenenbaum, D.R.; Yoneshigue-Valentin, Y., 2013. Environmental processes, biodiversity and changes in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. In: *Adaptation and Evolution in Marine Environments*, Volume 2. From Pole to Pole. Verde, C.; di Prisco, G. (editores). Springer, Heidelberg, Berlin, 127-156 pp.
- Campos, L.S.; Mantone, R.C.; Moura, R.B.; Yoneshigue-Valentin, Y.; Kawall, H.G.; Convey, P., 2013. Anthropogenic impacts on sub-Antarctic and Antarctic islands and the adjacent marine environments. In: *Adaptation and Evolution in Marine Environments*, Volume 2.

- From Pole to Pole. Verde, C.; di Prisco, G. (editores). Springer, Heidelberg, Berlin, 177-203 pp.
- Campos, T.M. de S., 2014. *Composição e distribuição das famílias de crustáceos da ordem Isopoda nas enseadas Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica)*. Monografia em Zoologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 88 pp.
- Clarke, A.; Johnston, N.M., 2003. Antarctic marine benthic diversity. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 41: 47-144 pp.
- Clarke, A.; Barnes, D.K.A.; Hodgson, D.A., 2005. How isolated is Antarctica? *Trends in Ecology and Evolution*, 20(1): 1-3 pp.
- Clarke, A.; Griffiths, H.J.; Barnes, D.K.A.; Crame, J.A., 2007. How well do we know the Antarctic marine fauna? A preliminary study of macroecological and biogeographical patterns in Southern Ocean gastropod and bivalve molluscs. *Diversity and Distributions*, 13: 620-632 pp.
- Clarke, A.; Murphy, E.J.; Meredith, M.P.; King, J.C.; Peck, L.S.; Barnes, D.K.A.; Smith, R.C., 2007. Climate change and the marine ecosystem of the western Antarctic Peninsula. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 362: 149-166 pp.
- Clarke, G.F.; Stark, J.S.; Palmer, A.S.; Riddle, M.J.; Johnston, E.L., 2017. The Roles of Sea-Ice, Light and Sedimentation in Structuring Shallow Antarctic Benthic Communities. *PLoS ONE*, 12 (1).
- Comiso, J.C., 2016. Climate change and sea Ice. *People, the Earth, Environment and Technology*, 1-10 pp.
- Convey, P.; Chown, S.L.; Clarke, A.; Barnes, D.K.A.; Bokhorst, S.; Cummings, V.; Ducklow, H.W.; Frati, F.; Green, T.G.A.; Gordon, S.; Griffiths, H.J.; Howard-Williams, C.; Huiskes, A.H.L.; Laybourn-Parry, J.; Lyons, W.B.; McMinn, A.; Morley, S.A.; Peck, L.S.; Quesada, A.; Robinson, S.A.; Schiaparelli, S.; Wall, D.H., 2014. The spatial structure of Antarctic biodiversity. *Ecological Monographs*, 84(2): 203-244 pp.
- Corbisier, T.N.; Petti, M.A.V.; Skowronski, R.S.P.; Brito, T.A.S., 2004. Trophic relationships in the nearshore zone of Martel Inlet (King George Island, Antarctica): $\delta^{13}\text{C}$ stable-isotope analysis. *Polar Biology*, 27: 75-82 pp.

- Crammer, T.L.; Ruhl, H.A.; Baldwin, R.J.; Kaufmann, R.S., 2003. Spatial and temporal variation in the abundance, distribution and population structure of epibenthic megafauna in Port Foster, Deception Island. *Deep-Sea Research*, 50: 1821-1842 pp.
- Cummings, V.J.; Hewitt, J.E.; Thrush, S.F.; Marriot, P.M.; Halliday, N.J.; Norkko, A., 2018. Linking Ross Sea Coastal Benthic Communities to Environmental Conditions Documenting Baselines in a Spatially Variable and Changing World. *Frontiers in Marine Science*, 5: 1-14 pp
- Di Prisco, G., 2001. Adaptation and evolution in the Antarctic: an exciting challenge for biology. pp. 87-95. In: Huiskes, H. L.; Gieskes, W. W. C.; Rozema, J.; Schorno; R. M. L.; Van der Vies, S. M. & Wolff, W. J. (editores) Antarctic Biology in a Global Context. Proceedings of the VIIIth SCAR International Biology Symposium, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands. Backhuys Publishers, Leiden, 338 pp.
- Elias-Piera, F., 2005. *Macrofauna da comunidade fital de cinco espécies da Baía do Almirantado (Ilha Rei George, Antártica), com ênfase para o grupo Amphipoda (Crustacea, Peracarida)*. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, 125 pp.
- EPA, United States Environmental Protection Agency. Acesso em 14 de janeiro de 2018 <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-arctic-sea-ice>.
- Echeverría, C. A.; Paiva, P. C. & Alves, V. C., 2005. Composition and biomass of shallow benthic megafauna during annual cycle in Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Antarctic Science*, 17(3):312-318.
- Gomes, S.M., 1999. *Determinação de elementos metálicos em sedimentos da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, península antártica*. Dissertação de mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear- Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 217 pp.
- González-Wevar, C.A.; Nakano, T.; Cañete, J.I.; Poulin, E., 2010. Molecular phylogeny and historical biogeography of *Nacella* (Patellogastropoda: Nacellidae) in the Southern Ocean. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56: 115-124 pp.

- Grange, L. J., 2005. *Reproductive success in Antarctic marine invertebrates*. Tese de pós doutorado, Faculty of Science, School of Ocean and Earth Science, Universidade de Southampton, 364 pp.
- Gutt, J., 2001. On the direct impact of ice on marine benthic communities, a review. *Polar Biology*, 24: 533-564 pp.
- Gutt, J., 2007. Antarctic macro-zoobenthic communities: a review and an ecological classification. *Antarctic Science*, 19(2): 165-182 pp.
- Gutt, J.; Hosie, G.; Stoddart, M., 2010. Marine Life in the Antarctic. In: Life in the world's oceans: diversity, distribution, and abundance. McIntyre, A.D. (editor). Wiley-Blackwell, Hoboken, Nova Jérsei, 203-220 pp.
- Gutt, J.; Barratt, I.; Domack, E.; d'Acoz, C.; Dimmler, W.; Grémare, A.; Heilmayer, O.; Isla, E.; Janussen, D.; Jorgensen, E.; Kock, K.H.; Lehnert, L.S.; López-González, P.; Langner, S.; Linse, K.; Manjón-Cabeza, M.E.; Meißner, M.; Montiel, A.; Raes, M.; Robert, H.; Rose, A.; Schepisi, S.; Saucède, T.; Scheidat, M.; Schenke, H.W.; Seiler, J.; Smith, C., 2011. Biodiversity change after climate-induced ice-shelf collapse in the Antarctic, *Deep-Sea Research II*, 58: 74-83 pp.
- Gutt, J.; Barnes, D.K.A.; Lockhart, S.J.; de Putte, A.A., 2013. Antarctic macrobenthic communities: a compilation of circumpolar information. *Nature Conservation*, 4: 1-13 pp.
- Hall, C.M.; Johnston, M.E., 1996. Polar tourism: tourism in the Arctic and Antarctic Regions. *Tourism Management*, 7(3): 233-235 pp.
- Jazdzewski, K.; Jurasz, W.; Kittel, W.; Presler, E.; Presler, P.; Sicinski, J., 1986. Abundance and biomass estimates of the benthic fauna in Admiralty Bay, King George Island, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 6: 5-16 pp.
- Kejna, M.; Arażny, A.; Sobota, I., 2013. Climatic change on King George Island in the years 1948-2011. *Polish Polar Research*, 34(2): 213-235 pp.
- Kriwoken, L.K.; Rootes, D., 2000. Tourism on ice: environmental impact assessment of Antarctic tourism. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 18(2): 138-150 pp.

- Lagger, C.; Nime, M.; Torre, L.; Servetto, N.; Tatián, M.; Sahade, R., 2017. Climate change, glacier retreat and a new ice-free island offer new insights on Antarctic benthic responses. *Ecography*, 41(4): 579-591 pp.
- Lange, P.K.; Tenenbaum, D.R.; Braga, E.S.; Campos, L.S., 2007. Microphytoplankton assemblages in shallow waters at Admiralty Bay (King George Island, Antarctica) during the summer 2002–2003. *Polar Biology*, 30: 1483–1492 pp.
- Lange, P.K., 2011. *O fitoplâncton da baía do Almirantado (Antártica): variações temporais e espaciais entre os anos de 2002 e 2009*. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande, 125 pp.
- Lanna, A.M., 2011. *Composição específica e distribuição espacial de Echinodermata da zona costeira rasa na Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica*. Monografia em Zoologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 43 pp.
- Lippert, H.; Iken, K.; Rachor, E.; Wiencke, C., 2001. Macrofauna associated with macroalgae in the Kongsfjord (Spitsbergen). *Polar Biology*, 24(7): 512-522 pp.
- Louzada, T. dos S., 2016. *Caracterização da zonação das assembleias de Ascidiacea quanto à epibiose na Baía do Almirantado, Antártica*. Monografia em Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 44 pp.
- Machado, M.C.S.; Brito, T., 2009. Antártica: ensino fundamental e médio, Volume 9, Coleção explorando o ensino, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Brasília, 168 pp.
- Montone, R.C.; Alvarez, C.E.; Bicego, M.C.; Braga, E.S.; Brito, T.A.S.; Campos, L.S.; Fontes, R.F.C.; Castro, B.M.; Corbisier, T.N.; Evangelista, H.; Francelino, M.; Gomes, V.; Ito, R.G.; Lavrado, H.P.; Leme, N.P.; Mahiques, M.M.; Martins, C.C.; Nakayama, C.R.; Ngan, P.; Pellizari, V.H.; Pereira, A.B.; Petti, M.A.V.; Sander, M.; Schaefer, C.E.G.R.; Weber, R.R., 2013. Environmental assessment of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. In: *Adaptation and Evolution in Marine Environments*, Volume 2. From Pole to Pole. Verde, C.; di Prisco, G. (editores). Springer, Heidelberg, Berlin, 157-175 pp.
- Nonato, E.F.; Petti, M.A.V.; de Paiva, P.C.; Britto, T.A.S., 1992. Programa Antártico Brasileiro: amostragem de organismos bentônicos realizadas nas seis primeiras expedições (1982 a

- 1988), com a participação do N/Oc "Prof. W. Besnard". Relatório Interno do Instituto Oceanográfico, 32: 1-12 pp.
- Nonato, E.F.; Britto, T.A.S.; de Paiva, P.C.; Petti, M.A.V., Corbister, T.N., 2000. Benthic megafauna of the nearshore zone of Martel Inlet (King George Island, South Shetland Island, Antarctica): depth zonation and underwater observations. *Polar Biology*, 23: 580-588 pp.
- Nybakken, J. W. 1993. *Marine Biology: An Ecological Approach*, 3^a ed., Harper Collins College Publishers, New York, 462 pp.
- Oliveira, I.V., 2016. *Caracterização das assembleias de Amphipoda (Crustacea) no infralitoral raso da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica*. Monografia em Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 40 pp.
- Oliveira, I. B. A., 2018. *Estrutura populacional de *Aequiyoldia eightsii* (Jay, 1839) (Mollusca: Bivalvia) da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica*. Monografia em Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 47 pp.
- Pavia, H.; Carr, H.; Aberg, P., 1999. Habitat and feeding preferences of crustacean mesoherbivores inhabiting the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. and its epiphytic macroalgae. *Journal Experimental Marine Biology Ecology*, 236: 15-32 pp.
- Rakusa-Suszczewski, S., 1995. Flow of matter in the Admiralty Bay and Inlets, Coves and Lagoons. *Proceedings of the Ninth Symposium of Polar Biology*, 8: 202-113 pp.
- Rakusa-Suszczewski, S., 1995. The hydrography of Admiralty Bay and its inlets, coves and lagoons (King George Island, Antarctica). *Polish Polar Research*, 16(1): 61-70 pp.
- Robakiewicz, M.; Rakusa-Suszczewski, S., 1999. Application of 3D circulation model to Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Polish Polar Research*, 20(1): 43-58 pp.
- Rogers, A.D.; Johnston, N.M.; Murphy, E.J.; Clarke, A., 2012. *Antarctic ecosystems: an extreme environment in a changing world*. Wiley-Blackwell, Hoboken, Nova Jérsei, 564 pp.
- Sahade, R.; Tatián, M.; Kowalke, J.; Kühne, S.; Esnal, G.B., 1998. Benthic faunal associations on soft substrates at Potter Cove, King George Island, Antarctica. *Polar Biology*, 19: 85-91 pp.

- Schaefer, C.E.G.R.; Dias, L.E.; Campos, L.S.; Albuquerque Filho, M.R.; Costa, L.M.; Borges Júnior, M., 2004. Monitoramento ambiental em sedimentos costeiros da Baía do Almirantado: granulometria, teores de macronutrientes e metais biodisponíveis. In: Schaefer, C.E.G.R.; Francelino, M.R.; Simas, F.N.B.; Albuquerque Filho, M.R. (editores). *Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica Marítima, Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. NEPUT Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 119–129 pp.
- Siciński, J.; Jażdżewski, K.; Broyer, C.D.; Presler, P.; Ligowski, R.; Nonato, E.F.; Corbisier, T.N.; Petti, M.A.V.; Britto, T.A.S.; Lavrado, H.P.; Błażewicz-Paszkowycz, M.; Pabis, K.; Jażdżewska, A; Campos, L.S., 2011. Admiralty Bay benthos diversity- a census of a complex polar ecosystem. *Deep-Sea Research Part II*, 58: 30-48 pp.
- Siciński, J.; Pabis, K.; Jażdżewski, K.; Konopacka, A.; Błażewicz-Paszkowycz, M., 2012. Macrozoobenthos of two Antarctic glacial coves: a comparison with non-disturbed bottom areas. *Polar Biology*, 35: 355-367 pp.
- Simões, J.; Ferron, F.; Braun, M.; Neto, J.; Aquino, F., 2001. A GIS for the Antarctic specially managed area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Geo-spatial Information Science*, 4(2): 8-14 pp.
- Simões, J.C.; Garcia, C.A.E.; Evangelista, H.; Campos, L.S.; Mata, M.M.; Bremer, U.F. 2011. *Antártica e as mudanças globais: um desafio para a humanidade*, Volume. 9. Editora Bluncher, São Paulo, 166 pp.
- Smale, D.A., 2008. Continuous benthic community change along a depth gradient in Antarctic shallows: evidence of patchiness but not zonation. *Polar biology*, 31: 189-198 pp.
- Smale, D.A.; Barnes, D.K.A., 2008. Likely responses of the Antarctic benthos to climate-related changes in physical disturbance during the 21st century, based primarily on evidence from the West Antarctic Peninsula region. *Ecography*, 31(3): 289-305 pp.
- Soares, A.G. de B., 2013. *Aspectos populacionais de Ophionotus victoriae Bell, 1902 (Echinodermata, Ophiuroidea) da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica*. Monografia em Biologia Marinha, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 35 pp.
- Takeuchi, I.; Watanabe, K., 2002. Mobile epiphytic invertebrates inhabiting the brown macroalga, *Desmarestia chordalis*, under the coastal fast ice of Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Polar Biology*, 25(8): 624-628 pp.

- Tin, T.; Fleming, Z.L.; Hughes, K.A.; Ainley, D.G.; Convey, P.; Moreno, C.A.; Pfeiffer, S.; Scott, J.; Snape, I., 2005. Impacts of local human activities on the Antarctic environment. *Antarctic Science*, 21(1): 3-33 pp.
- Turner, J.; Bindschadler, R.; Convey, P.; di Prisco, G.; Fahrbach, E.; Gutt, J.; Hodgson, D.; Mayewski, P.; Summerhayes, C., 2009. Antarctic climate change and the environment. Victoire Press, Bar Hill, Cambridge. 526 pp.
- Vaughan, D.G.; Marshall, G.J.; Connolley, W.M.; Parkinson, C.; Mulvaney, D.A.; King, J.C.; Pudsey, C.J.; Turner, J., 2003. Recent Rapid Regional Climate Warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change*, 60: 243-274 pp.
- Wägele, J.W.; Brito, T.A.S., 1990. Die sublitorale Fauna der maritimen Antarktis. Erste Unterwasserbeobachtungen in der Admiralitätsbucht. *Naturund Museum*, 120: 269–282 pp.
- Weber, R.R.; Montone, R.C., 2006. Gerenciamento Ambiental da Baía do Almirantado Ilha Rei George Antártica. Rede 2, São Paulo, São Paulo, 252 pp.
- Wing, S.R.; Leichter, J.J.; Wing, L.C.; Stokes, D.; Genovese, S.J.; McMullim, R.M.; Shatova, O., 2018. Contribution of sea ice microbial production to Antarctic benthic communities is driven by sea ice dynamics and composition of functional guilds. *Global Change Biology*, 24(8): 3642-3653 pp.
- Zieliński, K., 1990. Bottom macroalgae of the Admiralty Bay (King George Island, South Shetlands, Antarctica). *Polish Polar Research*, 11:95-131 pp.

8. APÊNDICES

Tabela A1| Coordenadas geográficas dos pontos de dragagem na faixa de 20-30 m de profundidade, em cada área de amostragem nas Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica), realizadas no period de Janeiro a Fevereiro de 2011, durante a Operação Antártica XXIX.

Áreas	RÉPLICAS					
CF	ARRASTO 1		ARRASTO 2		ARRASTO 3	
	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>
Latitude (S)	62° 05' 09"	62° 05' 04.3"	62° 05' 05.4"	62° 05' 04.3"	62° 05' 05.7"	62° 05' 04.6"
Longitude (W)	58° 23' 12.8"	58° 23' 12.8"	58° 23' 12.8"	58° 23' 12.8"	58° 23' 12.8"	58° 23' 12.8"
Pofundidade (m)	32,4	36,5	16,5	12,7	20,7	19,8
PU	ARRASTO 1		ARRASTO 2		ARRASTO 3	
	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>
Latitude (S)	62°05'01,7''	62°05'01,4''	62°05'00,8''	62°05'02,0''	62°05'01,3''	62°05'02,0''
Longitude (W)	058°20'47,9''	058°20'54,2''	058°20'48,7''	058°20'49,9''	058°20'55,5''	058°20'57,4''
Pofundidade (m)	20	21	21	22		35
BP	ARRASTO 1		ARRASTO 2		ARRASTO 3	
	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>
Latitude (S)	62° 05'49.1"	62° 05'48.3"	62° 05'52.1"	62° 05'48.9"	62° 05'48.8"	62° 05'47.4"
Longitude (W)	58° 20'11.4"	58° 20'09.1"	58° 20'15.9"	58° 20'13.4"	58° 20'15.2"	58° 20'15.8"
Pofundidade (m)	25,5	25	29	30	29	32
RF	ARRASTO 1		ARRASTO 2		ARRASTO 3	
	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>
Latitude (S)	62°04'22,1''	62°04'21,4''	62°04'25,4''	62°04'24,4''	62°04'28,8''	62°04'22,0''
Longitude (W)	058°25'22,4''	058°25'25,3''	058°25'18,1''	058°25'17,6''	058°25'18,0''	058°25'17,7''
Pofundidade (m)	34	35,5	35,5	35,7	30,4	35

Tabela A2| Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem de sedimento com box-corer realizados nas áreas de estudo das Enseadas de Martel e Mackellar (Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica), no período de Fevereiro a Março de 2010, durante a Operação Antártica XXVIII.

Áreas		CF		PU		BP		RF	
		Coordenadas	Prof (m)	Coordenadas	Prof (m)	Coordenadas	Prof (m)	Coordenadas	Prof (m)
Ponto 1	Réplica 1	62°05'.131S	24	62°05'.015S	21	62°05'.701S	27	62°04'.21S	26,4
		58°23'.369W		58°20'.987W		58°19'.849W		58°25'.19W	
	Réplica 2	62°05'.142S	26,5	62°05'.015S	21	62°05'.713S	27,3	62°04'.373S	26
		58°23'.370W		58°20'.987W		58°19'.844W		58°25'.335W	
	Réplica 3	62°05'.130S	22,8	62°05'.015S	21,6	62°05'.734S	26	62°04'.373S	21
		58°23'.356W		58°20'.987W		58°19'.919W		58°25'.335W	
Ponto 2	Réplica 1	62°05'.050S	28	62°05'.038S	29	62°05'.181S	24	62°04'.1S	21-27
		58°23'.195W		58°21'.055W		58°20'.182W		58°25'.19W	
	Réplica 2	62°05'.049S	27	62°05'.133S	28	62°05'.48S	26	62°04'.18S	25
		58°23'.195W		58°21'.317W		58°20'.10W		58°25'.19W	
	Réplica 3	62°05'.130S	27	62°05'.133S	27,6	62°05'.48S	26	62°04'.1S	29
		58°23'.356W		58°21'.317W		58°20'.10W		58°25'.19W	

Tabela A3 | Riqueza total, N° de indivíduos, densidade (ind./100 m²), índice de Pielou (J') e índice de Shannon-Wiener (H') calculados para as quatro estações de amostragem da Operação Antártica XXIX: Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF).

	S	N	ind./100m ²	J'	H'(loge)
CF1	24	326	1257,2	0,7034	2,235
CF2	21	886	3416,8	0,5756	1,752
CF3	22	257	991,1	0,7591	2,346
PU1	24	100	385,6	0,8419	2,675
PU2	31	1377	5310,4	0,4956	1,702
PU3	33	664	2560,7	0,8188	2,863
BP1	34	626	2414,1	0,6794	2,396
BP2	30	1092	4211,3	0,5993	2,038
BP3	31	591	2279,2	0,6736	2,313
RF1	21	501	1932,1	0,5139	1,565
RF2	16	802	3092,9	0,5939	1,647
RF3	12	370	1426,9	0,7712	1,916

Tabela A4 | Análise SIMPER com as espécies que melhor discriminam cada estação de amostragem da OA XXIX. Comandante Ferraz (CF), Punta Ullmann (PU), Botany Point (BP) e Refúgio II (RF). (*) Espécies que mais contribuem para a similaridade, em percentual.

Táxon	CF (%)	PU (%)	BP (%)	RF (%)
Similaridade média(%)	38,48	45,15	69,47	59,77
<i>Aplidium sp.</i>			1,55	
<i>Barrukia cristata</i>	13,78*	8,34*	1,69	22,2*
<i>Bivalvia gen. sp. 4</i>			2,21	
<i>Bovallia cf. gigantea</i>		2,9		
<i>Brada villosa</i>	2,97			
<i>Chiton sp.</i>		2,02		
<i>Cnemidocarpa verrucosa</i>			9,55	
<i>Corella antarctica</i>			6,22	
<i>Djerboa sp.</i>		2,02		
<i>Glyptonotus antarcticus</i>	5,11	6,27	1,55	3,77
<i>Helicosyphon sp.</i>			2,07	
<i>Leaena sp.</i>			5,35	
<i>Limatula sp.</i>		5,8		
<i>Liouvillea sp.</i>	2,22			
<i>Margarella antarctica</i>	2,3	3,41		
<i>Molgula enodis</i>			12,8	
<i>Molgula pedunculata</i>	3,51		13,09*	
<i>Munna spp.</i>		2,33		4,5
Munnopsididae	9,47		1,9	
<i>Nacella concinna</i>		5,61		3,73
<i>Neobuccinum eatoni</i>			1,79	
<i>Odontaster validus</i>	4,96	4,31		
<i>Ophionotus victoriae</i>			15,36*	
<i>Oswaldella antarctica</i>			3,6	
<i>Paraserolis sp.</i>				16,21
<i>Parborlasia corrugatus</i>		3,48		6
<i>Philine sp.</i>		3,88		6,18
<i>Prostebbingia brevicornis</i>		3,99		12,09
<i>Psilaster charcoti</i>	1,92			
<i>Schraderia gracilis</i>	9,96	7,1		
Sipuncula		4,55		
<i>Sterechinus neumayeri</i>	7,84	12,41*		
<i>Terebella ehlersi</i>		3,8		
Turbellaria		5,28		
<i>Tylobranchion speciosum</i>			3,51	
<i>Aequiyoldia eightsii</i>	27*	3,2	7,98	17,15*