UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE

CAMILA CUNHA PASSOS

**Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de
Marambio, Península Antártica**

São Paulo

2019

CAMILA CUNHA PASSOS

**Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de
Marambio, Península Antártica**

Versão corrigida

Tese apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de doutor em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 01 de agosto de 2019. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de Concentração:
Ciência e Tecnologia

Orientador:
Wânia Duleba

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)

Passos, Camila Cunha

Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de Marambio, Península Antártica / Camila Cunha
Passos ; orientadora, Wânia Duleba. – 2019
261 f. : il.

Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo
Versão corrigida

1. Ecologia marinha - Antártica. 2. Foraminífera - Antártica.
3. Morfometria. I. Duleba, Wânia, orient. II. Título

CDD 22.ed. – 577.709167

Nome: PASSOS, Camila Cunha

Título: Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de Marambio, Península Antártica

Tese apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de doutor em Ciências do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade.

Área de Concentração:

Ciência e Tecnologia

Aprovado em: 01/08/2019

Banca Examinadora

Profa. Dra. Maria Virgínia Alves Martins

Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Leonardo Dias Meireles

Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Profa. Dra. Silvia Helena de Mello e Sousa

Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico

Profa. Dra. Christine Laure Marie Bourotte

Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências

Profa. Dra. Vivian Helena Pellizari

Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico

A minha mãe, Marcia e a minha família.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a minha família, em especial minha mãe. Muito obrigada por todo apoio, paciência, compreensão em meus momentos de ausência, mas principalmente obrigada por sempre acreditar em mim, pelas palavras de motivação, pelo carinho e amor incondicional.

A minha orientadora Profa. Dra. Wânia Duleba, obrigada pela orientação valiosa, pelos momentos enriquecedores que passamos juntas, pela dedicação e paciência. Mas acima de tudo, muito obrigada por me mostrar a verdadeira força feminina e por nossa amizade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio de concessão de bolsa.

A Profa. Dra. Maria Virgínia Martins da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), pela ajuda inestimável na identificação dos foraminíferos da Passagem do Drake. Por me receber de braços abertos no Rio de Janeiro, pela sua doçura em compartilhar seu vasto conhecimento sobre os “foramis”.

Aos meus “irmãos científicos” Maria Carolina Hernandes Ribeiro, Leonardo Antonio Pregnotato e Rayssa de Almeida Viana, por dividirem comigo todos os momentos e por nos tornarmos uma equipe unida que vibra com as vitórias um do outro.

Aos colegas discentes do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, principalmente Milla Araujo de Almeida, Luiza Coatti, pela força, apoio, descontração e por tornar a rotina mais leve.

Realizar coletas em ambiente hostil e remoto, como a Antártica, não é uma tarefa trivial. Amostrar na Passagem do Drake a 3.800 m de profundidade, então, é algo inimaginável. No presente estudo foram utilizadas amostras coletadas durante as OPERANTARES XXIX (2011), XXXI (2013) e XXXII (2014) realizadas em 2011, 2013 e 2014. Portanto, meus sinceros agradecimentos aos comandantes do Navio Polar Almirante Maximiano (CAlte Pinto-Homem e CGM Benoni) e suas respectivas equipes (CC Marcio Borges, CC Gizo, CT Daniel, CT Germano, Sub oficial Sandro, 2°SGHN Leonardo) pelo esforço em realizar a difícil amostragem na Passagem de Drake. Agradecimentos especiais aos professores Vivian Pelizzari, Christine L. Bourotte e Décio Luis Semensatto Junior, bem como Patrícia Junia Viana, Nabil Alameddine, Andrea Cristiane Teodoro, Silas

Gubitoso, Juliana B.Silva, Rodrigo Lucena, Xicão (Projeto SOBE) e a todos que auxiliaram a Prof^a Wânia Duleba nas amostragens das regiões costeira e *offshore* .

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro por meio de concessão de bolsa e ao PROANTAR-CNPq (Proc. 55036/2009-7, coordenador Prof. Dr. Antonio C. Rocha-Campos) pelo suporte financeiro para execução de trabalho de campo e custeio das análises geoquímicas. Ao Prof. Dr. Rocha Campos pela generosidade em ceder as amostras para o presente estudo.

A todos os docentes do programa de Pós-graduação em Sustentabilidade, em especial a Profa. Dra. Helene Mariko Ueno, pelos valiosos ensinamentos em Metodologia Acadêmica e ao Prof. Dr. Cristiano M. Chiessi, pelo suporte e toda ajuda no laboratório.

Ao Prof. Dr. Décio Luis Semensatto Junior da Universidade Federal de São Paulo, pela ajuda com os índices ecológicos, pelas dicas em relação as técnicas de flotação das carapaças dos foraminíferos e principalmente por toda a atenção e disposição que sempre teve em me ajudar.

Ao Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pelo uso do Granulometria por difração a Laser.

A Sandra Garcia Bittencourt pela ajuda técnica no Centro Multidisciplinar de Pesquisa (CMP – 1), o nosso eterno CAT. Mas principalmente, muito obrigada pela sua amizade, pelos conselhos sempre muito maduros e centrados, obrigada por me ajudar a evoluir e sempre enxergar o copo meio cheio.

Ao Rodrigo Ferreira de Lucena, técnico do Laboratório de Ciências da Terra – LACITE/EACH – USP, pelo apoio no laboratório e por sempre cobrar minha presença.

A todos meus amigos que torceram por mim em cada desafio e vibraram comigo a cada vitória

E por último gostaria de agradecer a meu pai, Paulo. Obrigada por sempre se fazer presente em minha vida em cada momento de paz, de força para seguir em frente e coragem para nunca desistir, sei que está sempre ao meu lado torcendo por mim, muito obrigada.

“Equipado com seus cinco sentidos, o homem explora o universo ao seu lado e dá à aventura o nome de ciência. ”

(HUBBLE, E. P. 1948, p. 75)

RESUMO

PASSOS, Camila Cunha. **Ecologia de foraminíferos bentônicos das regiões da Passagem do Drake e Ilha de Marambio, Península Antártica**. 2019. 261f. Tese (Doutorado Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2019, Versão corrigida.

A região da Península Antártica (PA) é importante para a circulação oceânica e o equilíbrio da temperatura global, além de ser detentora de grandes reservatórios de água doce e reservas de hidrocarbonetos e de hidrato de gás. Organismos bentônicos desses locais, como os foraminíferos, respondem de forma rápida a variações ambientais e são bastante utilizados em estudos de monitoramento mais precisos. Neste trabalho foram analisadas associações de foraminíferos em relação a parâmetros granulométricos e geoquímicos (elementos maiores e traço) de regiões ricas em hidrato de gás, situadas na PA. Para tal objetivo foram analisados sedimentos superficiais e subsuperficiais de: 1) região costeira (profundidade < 11 m) da Ilha de Marambio (IM), Mar de Weddell e 2) Passagem de Drake (PD). Na PD foram coletados 5 testemunhos (8 cm de comprimento) a 480 m de profundidade (D1) e 2 testemunhos (20 cm de comprimento) de 3800 m de profundidade (D2). Os valores de densidade e diversidade de foraminíferos encontrados aqui raramente são descritos na literatura para a região antártica. Contatou-se que as associações de foraminíferos da região da PA são constituídas por diversas espécies monotálâmicas e aglutinantes. A análise de agrupamento evidenciou associações com diferentes atributos ecológicos. Nas biocenoses da IM observou-se predominância de foraminíferos monotálâmicos de carapaça orgânica ou predominantemente orgânica (*Psammosphega magnetica* e allogromídeos), que apresentaram alta densidade e diversidade em sedimentos lamosos, ricos em nutrientes e valores elevados de oxigênio dissolvido. Já as biocenoses da região D1 apresentaram dominância de foraminíferos calcários, em particular de *Epistominella exigua*, indicadora de ambiente rico em fitodetritos. Nas tanatocenoses foram observadas predomínio de espécies aglutinantes como *Deuterammina grisea* e *Cribratomoides jeffreysii*, com valores de densidade e riqueza aumentando da base ao topo em todos os testemunhos. Nos testemunhos da área D2, tanto na bio quanto a tanatocenose houve dominância de espécies típicas de ambiente hipóxico e rico em matéria orgânica (e.g., *Adercotryma glomeratum* e *Spiroplectammmina biformis*) e baixos valores de densidade e riqueza. A morfometria das carapaças da Passagem de Drake (D1 e D2) apontou aumento significativo de *A. glomeratum* com a profundidade, provavelmente relacionado a adaptações a regiões profundas e a estabilidade ambiental. A Análise de Componentes Principais revelou que oxigênio dissolvido do sedimento, granulometria, porcentagem de CaCO₃, concentração de potássio (D1), bem como concentrações de elementos maiores e traços (D2) foram as principais variáveis que influenciaram a distribuição das espécies. Não foi possível identificar alterações nas associações e em relação aos padrões ecológicos, devido às emanações de hidrato de gás. Assim, ressalta-se a necessidade da realização de mais estudos, como análises morfológicas e químicas das carapaças dos foraminíferos, principalmente em espécies aglutinantes, ainda mais em regiões como a PA, reconhecidamente mais sensível as mudanças climáticas e de enorme importância para o equilíbrio do clima da Terra.

Palavras-Chave: Associações de foraminíferos. Foraminíferos monotálâmicos. Ilha Seymour. Foraminíferos aglutinantes. Morfometria de foraminíferos.

ABSTRACT

PASSOS, Camila Cunha. **Ecology of benthic foraminifera from regions of Drake Passage and Marambio Island, Antarctic Peninsula.** 2019. 261f. Thesis (PhD in Science) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 2019, corrected version.

The Antarctic Peninsula (PA) region is essential for ocean circulation and global temperature equilibrium, as well as having large freshwater reservoirs, hydrocarbon and gas hydrate reserves. Benthic organisms from these locations, such as foraminifera, respond rapidly to environmental variations and are widely used in more accurate monitoring studies. In this work, foraminifera associations were analyzed concerning granulometric and geochemical parameters (major and trace elements) of regions rich in gas hydrate, located at AP. For this purpose, surface and subsurface sediments were analyzed from 1) coastal region (depth <11 m) of Marambio Island (IM), Weddell Sea and 2) Drake Passage (PD). In PD five cores (8 cm long) were collected at 480 m depth (D1) and two cores (20 cm long) at 3800 m depth (D2). Foraminifera density and diversity values found here are rarely described in the literature for the Antarctic region. The results of foraminifera associations in the PA region are composed of several monothalamic and agglutinant species. Cluster analysis showed associations with different ecological attributes. In MI biocenosis there was a predominance of monothalamic foraminifera of organic or predominantly organic tests (*Psammosphega magnetica* and allogromiidae), with high density and diversity in muddy sediments, rich in nutrients and high values of dissolved oxygen. On the other hand, the biocenosis of the D1 region was dominated with calcareous foraminifera, in particular, *Epistominella exigua*, indicating an environment rich in organic matter. In the thanatocoenosis, agglutinating species such as *Deuterammia. grisea*, and *Cribrostomoides jeffreysii* predominated, with density and richness increasing from bottom to top in all cores. In the D2 area, both in bio as well as in thanatocoenosis, there was a dominance of typical species of hypoxic environments and rich in organic matter (e.g., *Adercotryma glomeratum* and *Spiroplectammia biformis*), and low density and richness values. The morphometry from DP (D1 and D2) showed a significant increase in size of *A. glomeratum* with depth, probably related to deepsea adaptations and environmental stability. Principal Component Analysis revealed that dissolved oxygen in sediment, granulometry, CaCO₃ percentage, potassium concentration (D1) as well as major and trace elements concentrations (D2) were the main variables that influenced species distribution. It was not possible to identify changes in organisms and the relation to ecological standards due to gas hydrate. Thus, further studies are necessary, such as morphological and chemical analysis of foraminifera tests, especially in agglutinating species, even more so in regions such as PA, which are known to be more sensitive to climate change and of great importance to the Earth's climate balance.

Keywords: Foraminifera assemblages. Monothalamea foraminifera. Seymour Island. Agglutinated foraminifera. Morphometry foraminifera.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de protistas segundo ADL et al. 2012.	33
Figura 2 - Árvore filogenética bayesiana apresentada por Pawlowski et al. (2013) mostrando a nova filogenia de foraminíferos inferida a partir de 53 sequências completas de SSU rDNA. A árvore foi enraizada com <i>Allogromia</i> sp., <i>A. triangularis</i> e <i>A. rara</i>	36
Figura 3 - Grupos morfológicos das formas aglutinantes, em função do modo de vida. A – formas fixas eretas; B – formas epifaunais livres ou fixas uni ou pluriloculares; C – formas epifaunais livres; D – espécies epífitas.	38
Figura 4 – Mapa da região da Península Antártica.	39
Figura 5 - Circulação oceânica de fundo da região da Península Antártica.	41
Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo, a Passagem de Drake, Estreito de Bransfield e Bacia de Larsen.	42
Figura 7 - Localização dos pontos de coleta situados ao largo ilha de Marambio, Bacia de Larsen, Mar de Weddell, coletados durante a OPERANTAR XXIX.	49
Figura 8 - Localização dos pontos de coletas DR1, DR2, DR3, DR4 e DR5, realizados na área situada entre extremo sul do Drake e nordeste das ilhas Shetlands, Antártica Ocidental, durante a OPERANTAR XXXI.	51
Figura 9 - Localização dos pontos de coleta Drake 1 e Drake 1B, situados entre o Drake e nordeste das ilhas Shetlands, Antártica Ocidental, coletados durante a OPERANTAR XXXII.	52
Figura 10 - Sifonamento e coleta da água sobrenadante ao sedimento amostrado pela <i>box corer</i> . Fotos Wânia Duleba.	52
Figura 11 - Amostragem da coluna sedimentar coletada pela <i>box corer</i> , por meio de testemunhos de aço inox. Notar a raspagem do sedimento superficial (camada oxidada), destinada ao estudo dos foraminíferos recentes. Fotos Wânia Duleba.	53
Figura 12 - Amostragem do testemunho em seções de 2 cm. Fotos Wânia Duleba.	53
Figura 13 - Porcentagem de grânulos, areia e lama das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio.	69
Figura 14 - Porcentagem de grânulos, areia e lama das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.	72
Figura 15 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/N (STEIN, 1991) das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio.	74

Figura 16 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/S (HEDGES, KEIL, 1995) das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio	75
Figura 17 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/N (STEIN, 1991) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.	77
Figura 18 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/S (HEDGES, KEIL, 1995) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.....	78
Figura 19 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg) e potássio (K), das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).....	81
Figura 20 - Concentrações dos elementos magnésio (Mg), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	82
Figura 21 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg) e potássio (K) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).....	84
Figura 22 - Concentrações dos elementos magnésio (Mg), manganês (Mn), níquel (Ni) e chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	85
Figura 23 –Foraminíferos monotalamícos da Ilha de Marambio. 1. <i>Allogromia ovoidea</i> (500 µm); 2. <i>Allogromídeo</i> tipo 2 (500 µm); 3. <i>Allogromídeo</i> tipo 1 (500 µm); 4. <i>Gloiogullmia</i> sp. (500 µm); 5. <i>Psammosphaga magnetica</i> (500 µm); 6. <i>Psammosphaga crystallifera</i> (500 µm); 7. <i>Phainogullmia</i> sp. (500 µm); 8. “Mudball” (500 µm); 9. <i>Armurella</i> cf. <i>sphaerica</i> (500 µm); 10. <i>Psammosphaera fusca</i> (500 µm); 11. <i>Thurammina</i> sp. (500 µm); 12. <i>Lagenammina</i> sp. (500 µm).	87
Figura 24 - Densidade de foraminíferos em 20cm ³ das amostras da área B da Ilha de Marambio.	88
Figura 25 - Total de indivíduos em 20cm ³ de sedimento nas frações de 63 µm e 250 µm e porcentagem de indivíduos com carapaça orgânica e aglutinante nas frações de 63 µm e 250 µm das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.	89
Figura 26 - Índice de Simpson (1-D), índice de Shannon-Wiener (H') e equitatividade (E) das amostras da área B da Ilha de Marambio	91
Figura 27 - Dendograma baseado na similaridade de Bray-Curtis (com nível de corte indicado pela linha vermelha) das amostras da área B da Ilha de Marambio.	92

Figura 28 - Distribuição dos grupos gerados pela análise de agrupamento das amostras da área B da Ilha de Marambio.....	94
Figura 29 - Análise de Componentes Principais (ACP) de % lama (Lama), % areia (Areia), profundidade, oxigênio dissolvido, % de CaCO ₃ , carbono orgânico total (COT), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), Allogromia ovoidea (Ao), Allogromídios indeterminados (Ai), Allogromídios tipo 1 (AI), <i>Armoredella cf. sphaerica</i> (Ar), Indeterminados sp1 (II), <i>Lagenammmina</i> sp. (La), Mudballs (Mu), <i>Portatrochammina eltaninae</i> (Pe), <i>Psammosphaera fusca</i> (Pf) e <i>Psammosphaga magnetica</i> (Pm) para as amostras da área B da Ilha de Marambio.	97
Figura 30 - Valores da concentração de CaCO ₃ no sedimento (%) das amostras pertencentes aos 5 testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	99
Figura 31 - Distribuição granulométrica das porcentagens de grânulos, areia e lama dos testemunhos coletados durante a OPERANTAR XXXI na Passagem do Drake.	100
Figura 32 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR1 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	105
Figura 33 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR1 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	105
Figura 34 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR2 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	107
Figura 35 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR2 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	108
Figura 36 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR3 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem)	110

Figura 37 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), (Ca), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR3 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).....	111
Figura 38 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), (Ca), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR4 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).....	112
Figura 39 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR4 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	113
Figura 40 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), (Ca), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR5 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).....	114
Figura 41 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR5 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	115
Figura 42 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR1 (OPERANTAR XXXI).	118
Figura 43 - Riqueza de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	119
Figura 44 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	120
Figura 45 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR2 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)	122
Figura 46 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR2 (OPERANTAR XXXI)	123
Figura 47 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR2 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)	124
Figura 48 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR3 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	126

Figura 49 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR3 (OPERANTAR XXXI).	127
Figura 50- Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR3 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	129
Figura 51 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR4 (OPERANTAR XXXI).	131
Figura 52 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR4 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)	132
Figura 53 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR4 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	133
Figura 54 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR5 (OPERANTAR XXXI).	135
Figura 55 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR5 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	136
Figura 56 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR5 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	137
Figura 57 - Morfometria das carapaças dos foraminíferos coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	138
Figura 58 - Morfometria das carapaças da tanatocenose e biocenose das amostras recentes (Recente e 0 – 2 cm) coletadas na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	139
Figura 59 - Dendograma baseado na similaridade de Bray-Curtis (com nível de corte indicado pela linha vermelha) das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	140
Figura 60 - Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis % CaCO ₃ , % de Grânulos (Gr), % de lama (La), % areia (Ar), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), <i>Adercotryma glomeratum</i> (Ag), <i>Bolivinellina pacifica</i> (Bc), <i>Cribrostomoides sp.</i> (Cs), <i>Deuterammina glabra</i> (Dgl), <i>Deuterammina grisea</i> (Dgr), <i>Epistominella exigua</i> (Ee), <i>Fursenkoina riggii</i> (Fr), <i>Globocassidulina subglobosa</i> (Gs), <i>Glomospira irregulares</i> (Gi), <i>Haplophragmoides canariensis</i> (Hc), <i>Labrospira crassimargo</i> (Lc), <i>Lagenammina laguncula</i> (Ll),	

<i>Miliammina arenacea</i> (Ma) , <i>Lepidoparatrochammina lepida</i> (Pl), <i>Portatrochammina eltaninae</i> (Pe), <i>Textularia wiesneri</i> (Pw), <i>Tritaxis primitiva</i> (Tp), <i>Ammoglobigerina pygmaea</i> (Tpy), <i>Trochammina squamata</i> (Ts), <i>Veloroninoides</i> <i>scitula</i> (Vs), <i>Veloroninoides wiesneri</i> (Vw) e <i>Verneuilina minuta</i> (Vm) para as amostras da OPERANTAR XXXI.	145
Figura 61 - Distribuição granulométrica das porcentagens de areia e lama dos testemunhos Drake1 e Drake 1B da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).	148
Figura 62 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg) e manganês (Mn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	151
Figura 63 - Concentrações dos elementos níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	152
Figura 64 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg) e manganês (Mn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	155
Figura 65 - Concentrações dos elementos níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg ⁻¹ e % (porcentagem).	156
Figura 66 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N) e riqueza de espécies (S) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII).	158
Figura 67 - Índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII).	159
Figura 68 - Distribuição das espécies dominantes (frequência >10%) do testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII).	160
Figura 69 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N) e riqueza de espécies (S) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).	163

Figura 70 - Índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).	164
Figura 71 - Distribuição das espécies dominantes (frequência >8%) do testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).	165
Figura 72 - Distribuição das espécies dominantes (frequência >8%) do testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).	166
Figura 73 - Morfometria das carapaças dos foraminíferos coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.	168
Figura 74 - Morfometria das carapaças da tanatocenose e biocenose das amostras recentes (Recente e 0 – 2 cm) coletadas na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.	169
Figura 75 - Dendograma baseado na similaridade de Bray-Curtis (com nível de corte indicado pela linha vermelha) das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).	170
Figura 76 - Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis % de lama, % areia, elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), <i>Adercotryma glomeratum</i> (Ag), <i>Alterammina alternans</i> (Aa), <i>Cribrostomoides jeffreysii</i> (Cj), <i>Cribrostomoides</i> sp. (Csp), <i>Cribrostomoides subglobosa</i> (Cs), <i>Cystammina pauciloculata</i> (Cp), <i>Deuterammina grisea</i> (Dg), <i>Earlandammina bullata</i> (Eb), <i>Eratidus foliaceus</i> (Ef), <i>Haplophragmoides canariensis</i> (Hc), <i>Lagenammina difflugiformis</i> (Ld), <i>Lagenammina laguncula</i> (Ll), <i>Lepidoparatrochammina lepida</i> (Pl), <i>Portatrochammina antarctica</i> (Pa), <i>Portatrochammina karica</i> (Pk), <i>Portatrochammina murrayi</i> (Pm), <i>Psammosphaera fusca</i> (Pf), <i>Recurvoidella bradyi</i> (Rb), <i>Spiroplectammina biformis</i> (Sb), <i>Ammoglobigerina pygmaea</i> (Tpy) para as amostras da OPERANTAR XXXII.	175
Figura 77 - Morfometria das carapaças de <i>A. glomeratum</i> dos testemunhos pertencentes a OPXXXI e OPXXXII coletados na Passagem do Drake.	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Domínios de Eukariota e seus respectivos super grupos (ADL et al. 2012).	34
Tabela 2 - Características das principais massas d'água da região da Península Antártica. Onde APC = Água Circumpolar Profunda, CCA = Corrente Circumpolar Antártica, CDW = <i>Circumpolar Deep Water</i> , CWDW = <i>Circumpolar Warm Deep Water</i> , WSTW = <i>Weddell Sea Transitional Water</i> e TBW = <i>Transitional Bellingshausen Water</i>	41
Tabela 3 - Datas de coleta, profundidade (em metros) e coordenadas geográficas das amostras coletadas nas áreas P e B na Ilha de Marambio durante a OPXXIX.	50
Tabela 4 - Datas de coleta, profundidade (em metros) e coordenadas geográficas dos testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI e XXXII.	51
Tabela 5 - Limites de detecção do método (LDM) dos elementos analisados por ICP-MS. ...	56
Tabela 6 - Limites de detecção do método (LDM) e) dos elementos analisados por ICP-OES.	56
Tabela 7 - Interpretações dos valores de ρ (+ ou -) da correlação de Spearman (GOTELLI; ELLISON, 2011).	63
Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos do sedimento das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio.	65
Tabela 9 - Parâmetros físico-químicos do sedimento das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.	66
Tabela 10 - Teores de CaCO_3 do sedimento das amostras coletadas na área P da Ilha de Marambio e classificação segundo Larssonneur (LARSSONNEUR et al., 1982). .	67
Tabela 11 – Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes a área P da ilha de Marambio.	68
Tabela 12 - teores de CaCO_3 do sedimento das amostras coletadas na área B da Ilha de Marambio e classificação segundo Larssonneur (LARSSONNEUR et al., 1982). ..	70
Tabela 13 - Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.	71
Tabela 14 - Concentrações de Carbono orgânico total (C_{org}), nitrogênio total (N_{total}), enxofre total (S_{total}), razão C/N, classificação da origem da matéria orgânica segundo Stein (1991), razão C/S e classificação do potencial redox segundo Hedges e Keil (1995)	

das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Sedimento (sed.), coluna d'água (colun.).....	73
Tabela 15 - Concentrações de Carbono orgânico total (C_{org}), nitrogênio total (N_{total}), enxofre total (S_{total}), razão C/N, classificação da origem da matéria orgânica segundo Stein (1991), razão C/S e classificação do potencial redox segundo Hedges e Keil (1995) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Sedimento (sed.), coluna d'água (colun.).....	76
Tabela 16 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Em negrito as maiores concentrações dos elementos entre cada amostra. Onde nd = não detectado.	80
Tabela 17 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Em destaque as maiores concentrações dos elementos entre as amostras. Onde nd = não detectado.....	83
Tabela 18 - Valores dos índices de dominância de Simpson (1-D), diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitatividade (E) das amostras da área B da região da Ilha de Marambio.	90
Tabela 19 - Valores médios e seus respectivos desvios padrão de $CaCO_3$, densidade de foraminíferos por 20 cm ³ de sedimento, riqueza de espécies, índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade e espécies dominantes dos grupos identificados no dendograma das amostras da área B da Ilha de Marambio.	93
Tabela 20 - Fatores de carga das variáveis % de lama (lama), % areia (areia), profundidade, oxigênio dissolvido, % $CaCO_3$, C_{org} (COT), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), <i>Allogromia ovoidea</i> (Ao), <i>Allogromidios</i> indeterminados (Ai), <i>Allogromidios</i> tipo 1 (A1), <i>Armoredella cf. sphaerica</i> (Ar), Indeterminados sp1 (II), <i>Lagenammia</i> sp. (La), <i>Mudballs</i> (Mu), <i>Portatrochammina eltaninae</i> (Pe), <i>Psammosphaera fusca</i> (Pf) e <i>Psammosphaga magnetica</i> (Pm) para PC1 e PC2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para as amostras da área B da Ilha de Marambio. Em destaque cargas > 0,50.....	96
Tabela 21 - Profundidade e salinidade dos testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTARXXXI.	98
Tabela 22 - Valores das concentrações de $CaCO_3$ do sedimento coletado na Passagem do Drake durante a OPERANTARXXXI e sua classificação segundo Larssonneur (1982).	98

Tabela 23 - Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes a passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).....	101
Tabela 24 - Concentração de elementos maiores e traço dos testemunhos coletados na passagem do Drake (OPERANTAR XXXI). Em negrito as maiores concentrações dos elementos entre cada testemunho.	104
Tabela 25 – Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR1 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	117
Tabela 26 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	119
Tabela 27- Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR2 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	122
Tabela 28 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR2 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	125
Tabela 29 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR3 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	126
Tabela 30 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR3 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	128
Tabela 31 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies	

dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR4 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	130
Tabela 32 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR4 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	132
Tabela 33 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR5 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.	134
Tabela 34 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR5 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	136
Tabela 35 - Valores médios e seus respectivos desvios padrão de densidade de foraminíferos por 20 cm ³ de sedimento, riqueza de espécies, índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade e espécies dominantes dos grupos identificados no dendograma das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).	141
Tabela 36 - Fatores de carga das variáveis % CaCO ₃ , % de Grânulos (Grânulos), % de lama (Lama), % areia (Areia), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), <i>Adercotryma glomeratum</i> (Ag), <i>Bolivinellina pacifica</i> (Bc), <i>Cribr stomoides sp.</i> (Cs), <i>Deuterammina glabra</i> (Dgl), <i>Deuterammina grisea</i> (Dgr), <i>Epistominella exigua</i> (Ee), <i>Fursenkoina riggi</i> (Fr), <i>Globocassidulina subglobosa</i> (Gs), <i>Glomospira irregulares</i> (Gi), <i>Haplophragmoides canariensis</i> (Hc), <i>Labrospira crassimargo</i> (Lc), <i>Lagenammina laguncula</i> (Ll), <i>Miliammina arenacea</i> (Ma) , <i>Lepidopratrochammina lepida</i> (Pl), <i>Portatrochammina eltaninae</i> (Pe), <i>Textularia wiesneri</i> (Pw), <i>Tritaxis primitiva</i> (Tp), <i>Ammoglobigerina pygmaea</i> (Tpy), <i>Trochammina squamata</i> (Ts), <i>Veleroninoides scitula</i> (Vs), <i>Veleroninoides wiesneri</i> (Vw) e <i>Verneuilina minuta</i> (Vm) para PC1 e PC2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para as amostras da OPERANTAR XXXI. Em destaque cargas ≥ 0,50.	144
Tabela 37 - Parâmetros físico-químicos da superfície do sedimento dos testemunhos coletados durante a OPERANTAR XXXII na passagem do Drake.	146

Tabela 38 - Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 e Drake 1B da Passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).	147
Tabela 39 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII). Em destaque as maiores concentrações dos elementos entre cada amostra. Onde n.d. = não detectado.	150
Tabela 40 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII). Em destaque as maiores concentrações dos elementos entre cada amostra. Onde n.d. = não detectado.....	154
Tabela 41 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.	157
Tabela 42 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OP XXXII).	161
Tabela 43 - Número de indivíduos por 20cm ³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.....	162
Tabela 44 - Densidade por 20cm ³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OP XXXII).	167
Tabela 45 - Valores médios e seus respectivos desvios padrão de densidade de foraminíferos por 20 cm ³ de sedimento, riqueza de espécies, índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes dos grupos identificados no dendograma das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).	171
Tabela 46 - Fatores de carga das variáveis % de lama (Lama), % areia (Areia), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti e Zn),	

<i>Adercotryma glomeratum</i> (Ag), <i>Alterammina alternans</i> (Aa), <i>Cribrostomoides jeffreysii</i> (Cj), <i>Cribrostomoides</i> sp. (Csp), <i>Cribrostomoides subglobosa</i> (Cs), <i>Cystammina pauciloculata</i> (Cp), <i>Deuterammina grisea</i> (Dg), <i>Earlandammina bullata</i> (Eb), <i>Eratidus foliaceus</i> (Ef), <i>Haplophragmoides canariensis</i> (Hc), <i>Lagenammina difflugiformis</i> (Ld), <i>Lagenammina laguncula</i> (Ll), <i>Lepidoparatrochammina lepida</i> (Pl), <i>Portatrochammina antarctica</i> (Pa), <i>Portatrochammina karica</i> (Pk), <i>Portatrochammina murrayi</i> (Pm), <i>Psammosphaera fusca</i> (Pf), <i>Recurvoidella bradyi</i> (Rb), <i>Spiroplectammina biformis</i> (Sb), <i>Ammoglobigerina pygmaea</i> (Tpy), para PC1 e PC2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para as amostras da OPERANTAR XXXII. Em destaque cargas $\geq 0,50$	174
Tabela 47 - Síntese das análises microfaunísticas dos pontos amostrais da OPERANTAR XXXI e OPERANTAR XXXII, com profundidade (m), densidade em 20 cm ³ de sedimento, riqueza de espécies (S), espécies aglutinantes e espécies calcárias.	176
Tabela 48 - Porcentagem de espécies epifaunais, infaunais e planctônicas (tanatocenose) dos testemunhos coletados durante a OPERANTAR XXXI e XXXII na Passagem do Drake.	177
Tabela 49 - Riqueza de espécies epifaunais e infaunais entre a biocenose e a tanatocenose das amostras recentes (Recente e 0- 2 cm) coletadas na Passagem do Drake durante a OPXXXI e OPXXXII.....	177
Tabela 50 - Diferença entre biocenose e tanatocenose da densidade relativa das espécies epifaunais e infaunais das amostras recentes (Recente e 0- 2 cm) coletadas na Passagem do Drake durante a OPXXXI e OPXXXII.	178
Tabela 51 – Índice de diversidade de Simpson (1-D) das amostras coletadas na Passagem de Drake, Antártica. Sendo OPXXXI realizado em 2013 e OPXXXII realizada em 2014. Onde: D1 = Drake 1, D1B = Drake 1B, T = valores na tanatocenose e B = valores na biocenose.	179
Tabela 52 - Índice de diversidade de Shannon (H') das amostras coletadas na Passagem de Drake, Antártica. Sendo OPXXXI realizado em 2013 e OPXXXII realizada em 2014. Onde: D1 = Drake 1, D1B = Drake 1B, T = valores na tanatocenose e B = valores na biocenose.	179
Tabela 53 - Índice de equitatividade (E) das amostras coletadas na Passagem de Drake, Antártica. Sendo OPXXXI realizado em 2013 e OPXXXII realizada em 2014. Onde:	

D1 = Drake 1, D1B = Drake 1B, T = valores na tanatocenose e B = valores na biocenose..... 180

Tabela 54 - Morfometria de *A. glomeratum* nos testemunhos coletados na Passagem do Drake.
..... 181

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA	Águas de Superfície Antártica
CCA	Corrente Circumpolar Antártica
CWDW	Circumpolar Warm Deep Water (Águas Quentes Circumpolar de Fundo)
EACF	Estação Antártica brasileira Comandante Ferraz
OA	Oceano Austral
OPERANTAR	Operação Antártica
PA	Península Antártica
PD	Passagem de Drake
PROANTAR	Programa Antártico Brasileiro
WSTW	Weddell Sea Transitional Water (Águas Transicionais Mar de Weddell)
WSW	Water Sea Weddell (Águas frias do Mar de Weddell)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	28
1.1 Antártica	29
1.2 Foraminíferos	32
1.3 Área de estudo	39
1.3.1 Península Antártica.....	39
1.3.2 Passagem do Drake e Mar de Weddell.....	42
2 OBJETIVOS.....	45
2.1 Objetivos Gerais	46
2.2 Objetivos específicos	46
3 MÉTODOS.....	47
3.1 Coleta de amostras de sedimento em campo	48
3.2 Análises granulométricas teor de CaCO₃ no sedimento	54
3.3 Nutrientes (carbono, nitrogênio e enxofre)	55
3.4 Elementos maiores e traço	55
3.5 Análises da meiofauna (foraminíferos)	57
3.5.1 Foraminíferos monotalâmicos vivos de Marambio e do Drake	57
3.5.2 Foraminíferos calcários e aglutinantes de Marambio e Drake	57
2.5.1 Identificação taxonômica.....	58
3.5.3 Análise morfométrica	59
3.5.4 Análise e interpretação de dados	59
4 RESULTADOS	64
4.1 Ilha de Marambio - OPERANTAR XXIX (2011)	65
4.1.1 Parâmetros físico-químicos (profundidade, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido)	65
4.1.2 Teores de CaCO ₃ e granulometria	66
4.1.3 Nutrientes (carbono, nitrogênio e enxofre).....	73
4.1.4 Elementos maiores e traço	79
4.1.5 Meiofauna (foraminíferos)	86
4.2 Passagem do Drake– OPERANTAR XXXI (2013)	97
4.2.1 Parâmetros físico-químicos (profundidade e salinidade)	98
4.2.2 Teores de CaCO ₃ e granulometria	98
4.2.3 Elementos maiores e traço	103
4.2.4 Meiofauna (foraminíferos)	116
4.3 Passagem do Drake - OPERANTAR XXXII (2014)	146

4.3.1 Parâmetros físico-químicos (profundidade, temperatura, ph, salinidade, oxigênio dissolvido)	146
4.3.2 Granulometria	147
4.3.3 Elementos maiores e traço	149
4.3.4 Meiofauna (foraminíferos)	157
4.4 Drake: síntese das análises microfaunísticas	176
4.5 Morfometria de <i>A. glomeratum</i>	180
5 DISCUSSÃO	183
5.1 Ilha de Marambio – OPXXIX (2011)	184
5.2 Passagem do Drake – OPXXXI (2013)	189
5.3 Passagem do Drake – OPXXXII (2014)	195
5.4 Passagem do Drake e Ilha de Marambio: Síntese	198
6 CONCLUSÕES	202
REFERÊNCIAS	205
APÊNDICE	20529
Apêndice A – Densidade relativa das espécies de foraminíferos encontradas na área B da Ilha de Marambio na fração de 0,063µm, assim como dados abióticos	225
Apêndice B – Densidade relativa das espécies de foraminíferos encontradas na área B da Ilha de Marambio na fração de 0,250µm, assim como dados abióticos	226
Apêndice C – Espécies raras pertencentes a Ilha de Marambio OPXXIX	227
Apêndice D – Correlação de Spearman das amostras coletadas na Ilha de Marambio	228
Apêndice E – Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXI, dos testemunhos DR1, DR2 e DR3	229
Apêndice F – Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXI, dos testemunhos DR4 e DR5	233
Apêndice G – Micrografias com as principais espécies de foraminíferos encontradas no Passagem de Drake, Antártica Ocidental	237
Apêndice H – Espécies raras pertencentes a Passagem do Drake OPXXXI	241
Apêndice I – Correlação de Spearman das amostras coletadas na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI	242
Apêndice J – Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXII, do testemunho Drake 1	243
Apêndice K – Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXII, do testemunho Drake 1B	247
Apêndice L – Espécies raras pertencentes a Passagem do Drake OPXXXII	251
Apêndice M – Correlação de Spearman das amostras coletadas durante a OPXXXII na Passagem do Drake	252

Apêndice N – Classificação das espécies de foraminíferos de acordo com o microhabitat	
.....	253

1 INTRODUÇÃO

1.1 Antártica

A Antártica é o continente mais isolado geograficamente dos outros, e representa um papel essencial na regulação do clima na Terra (PUDSEY; BAKER; HAMILTON, 1988; ROBERTSON et al, 2002). Por se encontrar no polo sul, sua superfície é coberta de gelo, o que a torna a maior detentora de água doce no planeta, com mais de 70 % (TURNER et al., 2009). No seu entorno, o Oceano Austral (OA) é um ambiente único, por ser a origem de diversas massas d'água que viajam ao redor do planeta, através da circulação termohalina (SANTINI, 2011). De acordo com Khatiwala et al., 2009 o OA ainda é responsável pela absorção de cerca de 40% do dióxido de carbono (CO₂) antropogênico e o calor atmosféricos.

Com 70 km de extensão a Península Antártica (PA) é porção mais setentrional da Antártica, atingindo a latitude 63° S, e já foi ligada à América do Sul há 30 milhões de anos. Com a abertura da Passagem de Drake, a PA pode ser considerada o único obstáculo encontrado pela Corrente Circumpolar Antártica (CCA), que ainda assim tem uma importância central na circulação da região, pois é a única corrente a interligar os oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (TURNER et al., 2009).

A região periférica da PA possui grande quantidade de plataformas de gelo que têm a função de estabilizar as geleiras continentais adjacentes (GILLE, 2014). No total, as plataformas de gelo representam 11% da área no continente antártico (VÄLISUO et al., 2014). A temperatura atmosférica é em grande parte responsável por manter as plataformas conectadas ao continente antártico e oscilações no clima podem desestabilizá-las, principalmente as localizadas mais ao norte da PA. A desestruturação dessas plataformas no oceano pode ter consequências graves, como aumento do nível do mar global (VAUGHAN & DOAKE, 1996).

Previsões indicam que as plataformas de gelo do lado oeste da PA poderiam contribuir com o aumento do nível do mar global em cerca de 3 m (JOUGHIN; ALLEY, 2011). Atualmente, temos como exemplo o colapso das plataformas Larsen A em 1995 e Larsen B em 2002, ambas no lado leste da PA, que lançaram ao oceano fragmentos de icebergs compactados em uma velocidade jamais vista na história geológica da Terra (ROTT et al, 1996; VAUGHAN; DOAKE, 1996).

A região da PA e parte da Passagem de Drake (PD) apresentam reservas de hidrocarbonetos, em sua maior parte na forma de hidrato de gás metano (MILKOV, 2000). O

volume total desses reservatórios ainda é desconhecido, mas estimativas apontam o equivalente a 3.000 vezes a quantidade de carbono presente na atmosfera (KVENVOLDEN, 1995). Particularmente na região próxima às ilhas Shetland do Sul, vários depósitos de hidrato de gás foram mapeados por pesquisadores (SOLOVYOV et al., 2011; LORETO et al., 2011).

O maior problema do metano é que ele pode ser um agente perturbador do clima da Terra, por ser um gás do efeito estufa mais potente que o CO₂ (MIENERT et al., 2005), além de ainda gerar esse gás na atmosfera, por oxidação. O aumento da temperatura oceânica, principalmente nas massas d'água de fundo, a exploração indevida ou ocorrência de acidentes naturais (terremotos), podem desestabilizar o hidrato, liberando grandes quantidades de metano na atmosfera.

Nessas emanções há também a liberação de ácido sulfúrico e amônia, porém em pequenas quantidades (CAMPBELL, 2006). Esses compostos químicos, quando oxidados, dão origem ao CO₂, sulfato e nitrato, oferecendo um ambiente alternativo que permite a sobrevivência de muitas espécies. Mesmo em anoxia, a cadeia alimentar nesses ambientes se baseia basicamente em bactérias capazes de degradar metano e enxofre (SEN GUPTA e AHARON, 1994), possibilitando a sobrevivência de inúmeros organismos que sofrem influência direta das emanções.

A grande questão, no entanto, é que o norte e oeste da PA apresentam tendência de aquecimento médio anual acima dos valores encontrados para outras regiões da Antártica, com aumento de 3 °C desde 1951 (TURNER et al., 2005). Isso, aliado ao aquecimento das águas superficiais, em mais de 1 °C (MEREDITH; KING, 2005) podem levar à quebra de plataformas de gelo e também à desestabilização de bolsões de metano no sedimento.

A exploração indevida dos depósitos de hidrocarbonetos na Antártica poderá trazer consequências catastróficas para humanidade. Por este motivo essa região tão particular do planeta é protegida por um tratado: o Tratado da Antártica, que entrou em vigor em 1961. Contando atualmente com a participação de 53 países, esse tratado designa o continente antártico somente para propósitos científicos e de fins pacíficos. Em 1991, com o intuito de complementá-lo, foi assinado o Protocolo de Proteção Ambiental do Tratado da Antártica, também conhecido como Protocolo de Madri. O referido é resultante de diversas convenções internacionais sobre conservação dos recursos naturais e estabeleceu uma moratória que proíbe quaisquer atividades de exploração de recursos minerais, exceto as científicas, bem como assegura a proteção global do meio ambiente antártico e dos ecossistemas dependentes

e associados, declarando a Antártica como reserva natural, dedicada à paz e a ciência por um período de 50 anos, até o ano de 2048 (HUGHES et al, 2018).

O Brasil aderiu ao Tratado da Antártica no ano de 1975 e sua primeira visita ao continente foi no verão austral de 1982-83, quando se iniciou Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR). A participação do Brasil no tratado antártico deu-se inicialmente por “motivações estratégicas, de ordem geopolítica e econômica” (MARINHA DO BRASIL, 2019). Após o Tratado de Madri, o PROANTAR estabeleceu o papel do Brasil nas explorações científicas, dada a importância do continente antártico para a humanidade, e inaugurou no ano de 1984 a Estação Antártica brasileira Comandante Ferraz (EACF), localizada na Ilha Rei George, Arquipélago Ilhas Shetland do Sul na Península Antártica (MARINHA DO BRASIL, 2019).

Sendo, então a PA, e a Antártica como um todo, vitais para o equilíbrio do clima terrestre, nota-se a importância de pesquisas e preservação do referido continente. Santini (2011) tratou anteriormente da dificuldade na realização dessas pesquisas e levantamentos principalmente na região da PA. Por ser uma região de difícil navegabilidade, com condições climáticas adversas e com intensas correntes superficiais e de fundo, trabalhos com recuperação de sedimentos marinhos ainda são escassos, principalmente se tratando de foraminíferos recentes. Os principais trabalhos já realizados foram coletados na década de 60, em expedições do USNS Eltanin (GOODELL, 1964; 1965; HERB, 1968; 1971).

Após a década de 60, os estudos com foraminíferos bentônicos recentes na região se limitaram a margem continental da Península Antártica ao sul das Ilhas Shetland do Sul ou a oeste do Estreito de Bransfield (ANDERSON, 1976; CORNELIUS; GOODAY, 2004; FINGER; LIPPS, 1981; GORDON; NOWLIN, 1978; HARLOFF; MACKENSEN, 1997; ISHMAN; DOMACK, 2004; LI; et al., 2000, MACKENSEN, et al., 1990; MAJEWSKI, 2013; MAJEWSKI, et al., 2007; MURRAY; PUDSEY, 2004; RODRIGUES, et al., 2013; RODRIGUES, et al., 2015), sem coleta e levantamento de dados de foraminíferos bentônicos na região da PD em si. Portanto, o levantamento faunístico de foraminíferos recentes da PD apresenta um hiato de 50 anos, necessitando de uma caracterização atualizada das espécies que compõem as associações de foraminíferos da região.

Grande parte das pesquisas realizadas na PD apresentam como foco a produtividade primária, correntes marinhas, temperatura e mudanças climáticas, todas realizadas em regiões superficiais ou pelágicas da coluna d'água (CHEN, et al., 2018; CHERESKIN; TERLING, 2007; DEMIDOV, et al., 2011; GORDON; NOWLIN, 1977; KOSHLyakOV, et al., 2018;

LINDEQUE, et al., 2013; RUANO, et al., 2014). Pesquisas que conectem a produção primária da zona eufótica com o fundo oceânico são raras nessa região (CÁRDENAS, et al., 2018), trabalhos que descrevam o caminho da matéria orgânica (bomba biológica) para o assoalho oceânico ainda são pouco desenvolvidos e deixam uma lacuna a ser preenchida (DUCKLOW, et al., 2001).

Entre os estudos realizados na Antártica, a análise do impacto das mudanças climáticas no ambiente bentônico faz-se necessária, pois as mudanças na morfologia das regiões costeiras podem causar alterações nas correntes de fundo, afetando diretamente o substrato, a sedimentação e o fluxo descendente de nutrientes (carbono fitodetrítico) modificando a estrutura das comunidades bentônicas. O colapso das plataformas de gelo também afeta diretamente os organismos bentônicos, em especial as condições sedimentológicas e disponibilidade de nutrientes no sedimento, além do aumento da incidência de icebergs (CLARKE et al., 2007; GUTT et al., 2011).

Atualmente, pouco se sabe sobre os impactos sinérgicos das mudanças climáticas nos organismos marinhos (BERNHARD et al., 2009), principalmente em relação aos bentos, pois essas comunidades sofrem influência de massas d'água, aporte de nutrientes vindos na superfície, podendo responder de forma rápida a essas variações (WOLLENBURG; KUHN, 2000).

Dentre os organismos pertencentes à comunidade bentônica, estão os foraminíferos, muito utilizados em estudos ambientais, paleoclimáticos e paleoceanográficos (MURRAY, 2006). São bioindicadores sensíveis que apresentam diversas vantagens para sua utilização, como o baixo custo para diagnosticar o nível de degradação ambiental, bem como seu potencial de preservação no sedimento, e até mesmo a facilidade em se obter amostras com tamanho amostral significativo para análises estatísticas (YANKO et al., 1994; ALVE, 1995).

1.2 Foraminíferos

Foraminíferos são protistas ameboides protegidos ou não por carapaças, que possuem 1) pseudópodes finos, anastomosados, granulosos e 2) alternância de reprodução assexuada e sexuada (PAWLOWSKI et al., 2003). Segundo Adl et al. (2005, 2012), foraminíferos podem ser classificados como um grupo parafilético de protozoários ameboides, dotados de

carapaças, ubicados no Super-Grupo SAR (composto por *Stramenopilos*, *Alveolata* e *Rhizaria*), sendo o Sub-Grupo Foraminifera parte do Grupo Rhizaria (figura 1, tabela 1).

Esses protistas surgiram há cerca de 570 milhões de anos, no Período Cambriano e vivem até o presente. Apresentam ampla distribuição latitudinal, entre ambientes marinhos e transicionais mar-continente (e.g., estuários, mangues, pântanos salobros) (BOERSMA, 1978). Poucas espécies ocorrem em água doce (MURRAY, 1991) e, recentemente foram identificadas, por meio de DNA ribossômico, espécies que vivem em solos úmidos (LEJZEROWICZ et al., 2010).

Para a alimentação, os foraminíferos projetam o seus pseudópodes para fora da carapaça formando uma rede, com os quais é possível a captura de partículas de matéria orgânica, diatomáceas, bactérias, algas ou outros organismos. O alimento é então absorvido através de correntes de protoplasma até o interior da carapaça. Para a excreção o processo é inverso (BOERSMA, 1978). A estratégia adotada para a alimentação está relacionada ao desenvolvimento do pseudópode e formato da carapaça (DEBENAY et al., 2009).

Figura 1 - Classificação de protistas segundo ADL et al. 2012.

Fonte: ADL et al., (2012).

Tabela 1 - Domínios de Eukariota e seus respectivos super grupos (ADL et al. 2012).

	Super grupos	Exemplos
Eukaryota	Amoebozoa	Tubulinea Mycetozoa
	Amorphea	Opisthokonta
		Fungi
		Choanomonada
		Metazoa
	Excavata	Apusomonada
		Breviata
		Metamonada
		Malawimonas
	Diaphoretickes	Discoba
		Cryptophyceae
		Centrohelida
		Telonemia
		Haptophyta
		Stramenopiles
	SAR	Alveolata
		Cercozoa
		Foraminifera
		Radiolaria
	Archaeplastida	Glaucophyta
		Rhodophyceae
		Chloroplastida
	Incertae sedis Eukaryota	<i>Incertae sedis</i>

Fonte: ADL et al., (2012)

A reprodução dos foraminíferos ocorre por alternância de gerações assexual (fase obrigatória) ou sexual (facultativa). Na fase assexual há simplesmente a divisão de um indivíduo em vários indivíduos. Estes crescem e os adultos, na fase sexual, produzem gametas biflagelados que se unem aos pares formando um ovo ou zigoto. O zigoto cresce originando um indivíduo que vai se reproduzir assexuadamente fechando o ciclo (BRASIER, 1980). Em caso de *stress* ambiental pode ocorrer à predominância de indivíduos que se reproduzem assexuadamente (SCOTT et al., 2001).

Os foraminíferos podem ser planctônicos ou bentônicos, sendo que as espécies planctônicas não toleram grandes flutuações nas condições ambientais (como salinidade, pH e turbidez). Já os bentônicos apresentam maior tolerância às variações ambientais presentes tanto na coluna d'água como no sedimento (SCOTT et al., 2001).

O protoplasma dos foraminíferos é envolvido por uma carapaça, que também pode ser chamada de teca ou testa, podendo ser composta por calcita, aragonita, sílica, opalina ou formada por elementos aglutinados do meio (SEN GUPTA, 1999). A carapaça dos foraminíferos pode ser formada por uma ou várias câmaras (unilocular ou plurilocular) que se intercomunicam através de uma ou mais aberturas chamadas forâmen. A composição e morfologia da carapaça, com seus diversos elementos estruturais, são peças-chave para a classificação taxonômica (LOEBLICH & TAPPAN, 1988).

Estudos que desvendam a história evolutiva dos foraminíferos ainda são muito recentes e aos poucos estão sendo desvendadas através da biologia molecular (PAWLOWSKI; HOLZMANN, 2002). Porém ainda há muito o que se descobrir sobre a classificação taxonômica desses organismos por meio do desenvolvimento de novas técnicas moleculares, baseadas em filogenias de SSD rDNA (PAWLOWSKY; HOLZMANN; TYSZKA, 2013). Um dos grupos mais problemáticos em relação a classificação taxonômica são os allogromiídeos (GOODAY, 2002). Tradicionalmente chamados de “allogromiídeos”, esses foraminíferos pertencem a classe Monothalamea, ordem Allogromiida (LOEBLICH & TAPPAN, 1988). São organismos morfolologicamente simples, delicados, com carapaça orgânica ou predominantemente orgânica. São abundantes em ambientes frios, com baixa hidrodinâmica e sedimentos lamosos. Apresentam uma grande diversidade de espécie e em alguns casos podem representar cerca de 80% dos foraminíferos vivos de uma associação (MAJEWSKI, et al., 2007). Estudos moleculares mostram que os allogromiídeos não constituem um agrupamento filogenético natural (PAWLOWSKI, et al., 2002; GOODAY, 2002).

Segundo a classificação taxonômica tradicionalmente usada (LOEBLICH & TAPPAN, 1988), pertencem à classe Monothalamea foraminíferos que possuem uma única câmara. Essa classe se divide em duas ordens, a Allogromiida na qual estão inclusos os foraminíferos com carapaça orgânica ou predominantemente orgânica e a ordem Astrorhizida contendo foraminíferos com carapaça aglutinante. Essa classificação é a mais comumente utilizada em grande parte dos trabalhos (GOODAY, 2002; GOODAY et al., 2004; PAWLOWSKI, et al., 2002; SABBATINI et al., 2007; 2019). Um estudo feito por Pawlowski et al. (2013) baseado em análise molecular filogenética, sugere uma nova classificação aos foraminíferos. Os autores não mais consideram a separação das ordens Allogromiida e Astrorhizida, pois a transição entre a parede orgânica e aglutinante ocorre em diferentes linhagens monotálâmicas. Sendo assim, Pawlowski et al. (2013) sugerem a criação de uma associação parafilética chamada *Monotalamids* em português monotalamídeos (figura 2). Com o avanço de estudos moleculares ainda há muito o que descobrir e desvendar sobre a taxonomia dos foraminíferos, principalmente os monotálâmicos um dos grupos mais problemáticos dentre os foraminíferos.

Figura 2 - Árvore filogenética bayesiana apresentada por Pawlowski et al. (2013) mostrando a nova filogenia de foraminíferos inferida a partir de 53 sequências completas de SSU rDNA. A árvore foi enraizada com *Allogromia* sp., *A. triangularis* e *A. rara*.

Fonte: Adaptado de Pawlowski et al., (2013).

Em ambientes extremos como a Antártica, a comunidade bentônica é submetida à variáveis ambientais muitas vezes limitantes para a sobrevivência de muitos organismos, como temperatura, pressão, profundidade, disponibilidade de alimento e oxigênio dissolvido no sedimento. Por ser uma região altamente dinâmica com características geológicas ímpares, a PA possui uma vasta diversidade de ambientes, como regiões costeiras influenciadas pelo aporte de gelo vindos do continente (RODRIGUES et al, 2013), atividades vulcânicas e hidrotermais (FINGER e LIPPS, 1981), emissões de hidrato de gás metano (MILKOV, 2000) e regiões de mar profundo com grande atividade bacteriana que decompõe a matéria orgânica vinda da superfície (MACKENSEN; KUHN; FUTTERER, 1990). Algumas regiões apresentam condições climáticas similares as da Antártica, assim como associações de foraminíferos equivalentes, como os fjords do norte da Europa, em países como Noruega e Escócia, e a região ártica (GOODAY et al., 2005; MAJEWSKI; PAWLOWSKI;

JAZACZKOWSKI, 2005; MURRAY; ALVE, 2016; SABBATINI et al., 2007). Particularmente na Antártica a zona de dissolução do CaCO_3 é mais rasa, quando comparada a outras regiões do planeta. Kennett (1968) afirma que em ambientes antárticos a zona de compensação do carbonato esteja entre 430 e 550m, fazendo com que haja predominância de espécies aglutinantes a partir destas profundidades. Pois o carbonato de cálcio sofre dissolução, tornando-o inacessível às espécies calcárias.

A batimetria condiciona diferentes condições ambientais as quais os foraminíferos são impostos. Em ecossistemas de mar profundo, por exemplo, a principal fonte de alimento é o fluxo de carbono orgânico lábil vindo da superfície (GOODAY, 1999). Foraminíferos bentônicos são os primeiros grupos de organismos a reagirem ao aumento da disponibilidade de matéria orgânica, apresentando em muitos casos, uma resposta rápida ao aporte de fitodetritos com o aumento da densidade e variabilidade na composição de espécies das associações (GOODAY; TURLEY, 1990; FONTANIER et al, 2003). Como consequência desse aporte de matéria orgânica, os organismos podem passar por períodos de baixas concentrações de oxigênio dissolvido no sedimento, o que torna esse ambiente altamente estressante para a sobrevivência de grande parte das espécies. Já em regiões costeiras a baixa profundidade torna o ambiente vulnerável a condições climáticas da superfície, como tempestades, blocos de gelo, aporte de água doce e turbidez da coluna d'água (RODRIGUES; BRAGA; EICHLER, 2015). Para poder colonizar ambientes altamente vulneráveis como esses, as associações de foraminíferos são compostas por espécies especialistas, muitas vezes mais suscetíveis a variações extremas de matéria orgânica e oxigênio.

Em relação ao sedimento, os foraminíferos podem habitar diferentes *microhabitats*. Jones e Charnock (1985) identificaram quatro grupos (especificamente para os foraminíferos aglutinantes) em função do seu modo de vida: forma I – formas fixas eretas; forma II – epifaunais, livres ou fixos, uni ou pluriloculares; forma III – epifaunais livres; forma IV – espécies epífitas (figura 3).

Com base na classificação feita por Jones e Charnock (1985), Kaminski e Gradstein (2005) dividiram os foraminíferos aglutinantes em morfogrupos, de acordo com seu hábito alimentar e a estratégia de alimentação. As espécies que pertencem ao morfogrupo I, além de serem epifaunais eretas, possuem o hábito alimentar suspensívoro; o morfogrupo II são infaunais rasas, epifaunais superficiais e apresentam um hábito alimentar depositívoro ativo; morfogrupo III é exclusivamente de espécies epifaunais e hábito alimentar depositívoro passivo e suspensívoro; morfogrupo IV é composto por espécies infaunais profundas e

depositívoras ativas. Compreender melhor o hábito de vida desses organismos e correlacionar esses hábitos com as variáveis físico-químicas da área onde são encontrados, torna possível um melhor entendimento das associações de foraminíferos da área de estudo.

A estrutura das associações de foraminíferos (composição, riqueza, diversidade, equitatividade, densidade e padrões de distribuição de abundâncias) está relacionada a variáveis químicas e físicas como salinidade, pH, concentração de oxigênio dissolvido, temperatura, profundidade, luminosidade, granulometria, disponibilidade de nutrientes, % carbonato de cálcio (CaCO_3) entre outras, que exercem grande influência sobre a distribuição desses organismos (BOLTOVSKOY, 1965; LOEBLICH & TAPPAN, 1988; DEBENAY et al., 2009). Estes organismos são um dos principais grupos de microfósseis usados para reconstituição de antigas condições marinhas, principalmente paleocorrentes, paleoprodutividade e nível relativo do mar (MURRAY, 2006). Em estudos de foraminíferos recentes, esses organismos podem ser usados para monitoramento ambiental e avaliação em áreas impactadas como indicadores de poluição, pois possuem a capacidade de registrar em suas carapaças as características físico-químicas do ambiente em que vivem (SCOTT, et al., 2001).

Figura 3 - Grupos morfológicos das formas aglutinantes, em função do modo de vida. A – formas fixas eretas; B – formas epifaunais livres ou fixas uni ou pluriloculares; C – formas epifaunais livres; D – espécies epífitas.

Fonte: adaptado de Jones; Charnock, (1985).

A circulação oceânica na PA é complexa, com a Corrente Circumpolar Antártica (CCA) interagindo com as diversas correntes da região, incluindo as massas d'água de fundo e a circulação termohalina meridional, a região se torna altamente dinâmica, com um intenso escoamento para leste forçado principalmente pelos ventos vindos da direção oeste. Vale ressaltar que a CCA é a maior corrente do mundo (RINTOUL; SILVA, 2018) e conecta os oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, permitindo a troca de calor, sal, carbono e outras propriedades físico-químicas e biológicas, enquanto que ao mesmo tempo isola a Antártida termicamente, limitando o transporte do calor em direção ao polo (TOGGWEILER E BJORNSSON, 2000; MEREDITH et al., 2011). Devido a isso a PA é uma importante região para transporte de massas d'água e circulação oceânica, assim como fluxos de calor entre os oceanos.

Uma das principais barreiras para o fluxo da CCA é a PA, que bloqueia grande parte da corrente, dando origem a uma região altamente hidrodinâmica (LAMY, et al., 2015; RINTOUL; SILVA, 2018). A complexidade da circulação oceânica na PA se deve ao fato de existirem diversas correntes e massas d'água atuando na região. Dentre estas, destacam-se, principalmente, duas massas d'água de fundo CWDW e WSTW (figura 5): a primeira são as águas Quentes Circumpolar de Fundo (em inglês CWDW - *Circumpolar Warm Deep Water*), com maior influência na porção noroeste da península, é predominante na plataforma continental do Arquipélago de Palmer e se estendendo ao longo da margem da plataforma a nordeste das Ilhas Shetland do Sul. A temperatura dessa massa d'água varia de 0,9 °C a 2,1 °C com salinidade de 34,3 a 43,8 (TOKARCZY, 1987) (tabela 2).

A segunda são as águas Transicionais no Mar de Weddell (e inglês WSTW - *Weddell Sea Transitional Water*) que estendem-se ao longo do Estreito de Bransfield e regiões adjacentes, chegando até o sul do Arquipélago de Palmer (figura 5). A temperatura da água é mais fria que a CWDW, variando de -1,6 °C a 1,5 °C, com salinidade de 33 a 34,6 (DOMACK, 2003). Essas duas massas d'água com diferentes características em relação a temperatura e salinidade, contribuem para existência de duas regiões com condições climáticas diferentes a oeste e a leste da península (tabela 2).

Figura 5 - Circulação oceânica de fundo da região da Península Antártica.

Fonte: adaptado de Domack, (2003).

Durante os verões austrais, praticamente todo o gelo marinho presente na região da PA derrete (STAMMERJOHN; SMITH, 1996), causando modificações nas características físico-químicas da região e com as mudanças climáticas esses ciclos se tornam cada vez mais intensos, ocasionando alterações muitas vezes irreversíveis (VAUGHAN & DOAKE, 1996). As mudanças climáticas, agravadas com o aumento na liberação de gases do efeito estufa causado pela atividade humana (IPCC, 2013), afetam diretamente o continente austral e como consequência sua fauna, pois os organismos que habitam ambientes extremos costumam ser altamente especializados, não apresentando capacidade de adaptação com a mesma velocidade com que essas alterações ocorrem (ROCKSTROM et al., 2009; GUTT et al., 2011).

Tabela 2 - Características das principais massas d'água da região da Península Antártica. Onde APC = Água Circumpolar Profunda, CCA = Corrente Circumpolar Antártica, CDW = *Circumpolar Deep Water*, CWDW = *Circumpolar Warm Deep Water*, WSTW = *Weddell Sea Transitional Water* e TBW = *Transitional Bellingshausen Water*.

Massa d'água	Temp. (°C)	Salinidade	Fonte
APC	-1 a 0,53	34	Gordon; Nowlin (1977)
CCA	-1	34	Domack (2003)
CDW	1	34,7	Dotto et al. (2016)
CWDW	0,9 a 2,1	34,3 a 43,8	Tokarczy (1987)
WSTW	-1,6 a 1,5	33 a 34,6	Domack (2003)
TBW	-1,6 a 1,5	33,6	Domack (2003)

1.3.2 Passagem do Drake e Mar de Weddell

Os setores que compõem as áreas estudadas situam-se na Passagem de Drake, Mar de Scotia e na região costeira ao largo da Ilha Marambio (também conhecida como Ilha Seymour), na Bacia de Larsen, Mar de Weddell (figura 6). Na região do Drake, foram estudadas especificamente a área central da referida passagem e uma região mais rasa, situada próxima ao Estreito de Bransfield (entre as ilhas Rei George e Elefante).

Figura 6 - Mapa de localização da área de estudo, a Passagem de Drake, Estreito de Bransfield e Bacia de Larsen.

Fonte: Google Earth.

Passagem do Drake

A Passagem do Drake (PD), localizada na bacia do Mar da Scotia, é relativamente pequena. Seus setores norte, sul e leste são caracterizados por uma batimetria acidentada (Ilhas Shetland do Sul). Já as porções central e oeste são mais profundas, com cerca de 3000 m, e menos acidentadas (THORPE, 2002). É representada por dois regimes tectônicos distintos e sobrepostos, o primeiro mais antigo e submetido à subducção e o segundo mais jovem e associado à uma falha tectônica que é limitada por duas fraturas: Shackleton, a noroeste e Hero, a sudeste. Essa área apresenta complexo cenário tectônico, devido à subducção das placas Antárticas sob o bloco de Shetland do Sul (SOLOVYOV et al., 2011). As placas da Antártica também podem ser chamadas de “placas Phoenix” e são o último remanescente na placa de Nasca. Atualmente o processo de subducção é controlado por afundamento da placa oceânica e esta subducção passiva é acoplada com a extensão da bacia marginal do Estreito de Bransfield.

A porção sul da PD apresenta série de características batimétricas que incluem 1) a Cadeia Transversal de Shackleton (CTS), que tem menos de 800 m de profundidade, 2) duas bacias profundas (> 4000 m), localizadas a oeste e a leste da CTS e 3) plataformas continentais, que cercam as ilhas Shetland do Sul e Elefante. Esta grande variedade de topografias influencia diretamente o sistema de correntes da região (ZHOU et al., 2010; SANGRÀ et al., 2017). Na região ocorrem intensas interações entre a CCA, a Corrente de Bransfield (CB) e as águas do Mar de Weddell. Além disso, as águas nas plataformas continentais das ilhas Shetland do Sul e Elefante são influenciadas por intrusões do ACC, descargas glaciais de degelo e resfriamento local, ocorrendo misturas de águas em toda a região sul da PD. (ZHOU et al., 2010). Águas de Superfície Antártica (ASA) ocupam a camada superior do CCA até 200 m. Abaixo da ASA e em profundidades intermediárias, a Água Circumpolar Profunda (APC), que tem valores de salinidade entre 34,60 e 34,73, ocupa a maior parte da coluna de água (SMITH et al., 1999; GARCIA et al., 2002). Já a temperatura das águas de fundo tem valores entre $-1,0$ a $0,53$ °C, com baixas concentrações de oxigênio (GORDON; NOWLIN, 1977) (tabela 2).

Particularmente entre às ilhas Shetland do Sul e a PA há diversas zonas anômalas de depósito de hidrato de gás, que foram mapeados por pesquisadores ucranianos (SOLOVYOV et al., 2011; LORETO et al., 2011; BAKHMUTOV et al. 2012)

Ilha de Marambio – Bacia de Larsen

A Bacia de Larsen é do tipo retro-arco, formada por esforços extensionais gerados durante o desenvolvimento do arco magmático mesozóico-cenozóico que constitui hoje a PA. O arco magmático é resultante de subducção, em direção sudeste, da crosta oceânica do proto-oceano Pacífico (SLOAN et al., 1995).

Batimetricamente, a região da Bacia de Larsen caracteriza-se pela presença de ampla plataforma continental com mais de 150 km de largura e 350 m de profundidade média, atravessada por três vales submarinos de orientação leste-oeste e profundidades de mais de 500 m, denominados Príncipe Gustavo, Robertson e Jason. A grande profundidade da plataforma continental é, como em outras partes da Antártica, atribuída a avanços do manto de gelo aterrado durante o Pleistoceno. A ação erosiva de correntes de gelo (*ice streams*) teria formado os vales submarinos profundos, ao longo dos quais a geleira deslocou-se para leste, em direção à bacia do mar de Weddell (SLOAN et al., 1995).

Segundo Del Valle et al. (1998; 2017), na área de Admiralty Sound, onde ocorrem os escapes de gás, em frente à ilha de Marambio, predominam rochas sedimentares dos grupos Marambio (Cretáceo) e Seymour (Paleogêneo). Essas rochas corresponderiam à *shallow play zone* que Macdonald et al. (1988) consideram ser possível portadora de reservatórios rasos de gás na bacia de Larsen. A região da Ilha de Marambio é fortemente influenciada pela WSW (sigla em inglês para Águas Frias do Mar de Weddell), como o próprio nome diz, essas águas apresentam temperaturas abaixo das encontradas na CWDW, de -1.6 a 1,5 °C.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Analisar o padrão de distribuição espaço-temporal e padrões ecológicos das associações de foraminíferos (biocenose e tanatocenose) em relação a parâmetros sedimentológicos e geoquímicos (elementos maiores e traço) de três regiões com características batimétricas distintas localizadas na Península Antártica.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a estrutura das associações de foraminíferos (tanatocenose e biocenose) e seus padrões ecológicos ao longo de sedimentos superficiais e subsuperficiais, detalhando a composição das espécies, número de indivíduos e de espécies, densidade, diversidade e dominância, além da determinação de padrões de distribuição espaço-temporal;
- Caracterizar sedimentos superficiais e subsuperficiais (profundidades de até 20 cm de coluna sedimentar), quanto a sua composição granulométrica e geoquímica (elementos maiores e traço);
- Realizar a morfometria das carapaças dos foraminíferos, a fim de comparar diferenças inter e intraespecíficas no tamanho das carapaças de todas as amostras;
- Identificar os tipos de microhabitat (epifauna, infauna, epifauna/infauna), hábitos de vida e das espécies identificadas;
- Realizar análises estatísticas multivariadas afins de identificar variáveis ambientais que possam influenciar a distribuição das associações de foraminíferos, apontando a direção e intensidade das relações entre as variáveis bióticas (associações de foraminíferos) e abióticas (variáveis físico-químicas e concentrações de elementos maiores e traço no sedimento);

3 MÉTODOS

O presente trabalho está inserido em uma pesquisa mais ampla, coordenada pelo Prof. Dr. Antônio Carlos Rocha-Campos (IGcUSP) e Profa. Dra. Wânia Duleba (EACH-USP), sobre emissões de metano, relacionadas a hidrotermalismo (*vents* e fumarolas) e hidratos de gás (*cold seeps*), localizadas na região do estreito de Bransfield, Drake e Plataforma de Larsen (PROANTAR-CNPq Proc. 55036/2009-7).

Para a seleção dos pontos de coleta e composição da rede amostral do referido projeto, foram obtidas informações prévias de zona anômalas de depósito de hidrato de gás, mapeadas por pesquisadores ucranianos (SOLOVYOV et. al., 2011; SOLOVYOV, comunicação pessoal), italianos (LORETO et. al., 2011) e argentinos (DEL VALLE, 2017). Na tentativa de verificar a presença de emissões ativas no momento da coleta de sedimentos e mapear a topografia de fundo nas regiões *offshore*, foram obtidos dados geofísicos por sonar de varredura lateral e perfilagem sísmica de multicanais (DULEBA, dados não publicados). Especificamente na região rasa de Marambio, mar de Weddell, a confecção da rede amostral foi elaborada a partir de observações visuais em campo das emissões de metano.

Após essa etapa de obtenção de dados geofísicos, ocorreram as etapas de levantamento hidrográfico e coleta das amostras de sedimento. O levantamento hidrográfico foi realizado a partir do lançamento do conjunto CTD-Rosette e garrafas van Dorn para coleta de água de fundo. Dados de oxigênio dissolvido, pH e turbidez das amostras de água de fundo foram obtidos a bordo do navio de apoio por meio de uma sonda multiparamétrica Horiba série U50.

3.1 Coleta de amostras de sedimento em campo

As amostras utilizadas na presente pesquisa são provenientes de duas áreas com características oceanográficas e batimétricas distintas. A primeira área está posicionada em uma região costeira (profundidades abaixo de 11 m), situada ao largo da Ilha de Marambio, Mar de Weddell (figura 7). A segunda área situa-se em regiões *offshore*, localizadas 1) entre o Estreito de Bransfield e a Passagem de Drake (profundidades acima de 470 m) e 2) na Passagem de Drake propriamente dita (profundidades acima de 3.800 m) (figuras 8 e 9).

As amostras da região situada ao largo da ilha de Marambio foram coletadas em março de 2011, durante a OPERANTAR XXIX, a bordo dos botes Zodiak (Big Krill 1 e 2), pertencentes ao Navio de Apoio Oceanográfico Ary Rongel (Marinha do Brasil). No final de janeiro de 2011, foi realizado um trabalho de campo preliminar, com objetivo de detectar e

registrar as coordenadas geográficas com possíveis emissões de metano. Após essa etapa preliminar, foram selecionadas duas áreas amostrais com emissões. Essas emissões são vistas à olho nu, durante a maré baixa e quando o mar não está agitado. A primeira área escolhida situa-se entre o cabo Boadman e o estreito de Arguindeguy (Área P) e a segunda área entre a ponta Boadman e a baía Fóssil (Área B) (figura 7).

A coleta do sedimento em Marambio foi realizada a partir de um amostrador do tipo Van Veen modificado, em aço inox (dimensões: 22 X 16 X 22 cm capacidade para 3L de sedimentos). Quando o pegador era trazido à superfície e aberto sobre bandejas de aço inox, retirava-se primeiramente as amostras destinadas aos foraminíferos, sempre raspando a camada superficial oxidada (0 cm, eventualmente 0,5 cm). Posteriormente, eram coletadas amostras para análises granulométricas e geoquímicas (elementos maiores e traços e hidrocarbonetos). Ainda a bordo dos botes, as amostras para análise dos foraminíferos foram armazenadas em recipientes plásticos com solução de álcool 70% e coradas em solução de Rosa de Bengala (WALTON, 1952). Na área P foram coletadas 30 amostras e na área B, 19 amostras, as coordenadas de cada ponto amostral estão dispostas na tabela 3.

Figura 7 - Localização dos pontos de coleta situados ao largo ilha de Marambio, Bacia de Larsen, Mar de Weddell, coletados durante a OPERANTAR XXIX.

Fonte: adaptado do Google Earth.

Tabela 3 - Datas de coleta, lâmina d'água (em metros) e coordenadas geográficas das amostras coletadas nas áreas P e B na Ilha de Marambio durante a OPXXIX.

Amostra	Data	Lâmina d'água (m)	Latitude	Longitude
P1	04/03/2011	4.10	64 12.571 S	56 38. 516 W
P2	04/03/2011	3.55	64 13 02.339 S	56 38 57.360 W
P3	04/03/2011	2.65	64 12. 57.835 S	56 38 46.713 W
P4	04/03/2011	2.65	64 12 55.665 S	56 38 44.367 W
P5	04/03/2011	3.30	64 12 53.901 S	56 38 49.879 W
P6	04/03/2011	3.40	64 12 51.631 S	56 38 46.273 W
P7	04/03/2011	2.45	64 13 00.564 S	56 38 53.058 W
P8	04/03/2011	1.55	64 13 03.012 S	56 38 49.911 W
P9	04/03/2011	1.10	64 13 02.158 S	56 38 44.284 W
P10	04/03/2011	1.15	64 12 59.625 S	56 38 38.753 W
P11	05/03/2011	1.90	64 13.258 S	56 38.918 W
P12	05/03/2011	2.10	64 13.181 S	56 38.951 W
P13	05/03/2011	2.05	64 13.146 S	56 38.936 W
P14	05/03/2011	2.55	64 13.093 S	56 38.947 W
P15	04/03/2011	2.70	64 15.059 S	56 38.952 W
P16	05/03/2011	2.85	64 13.110 S	56 39.110 W
P17	05/03/2011	4.45	64 13.020 S	56 39.240 W
P18	05/03/2011	6.35	64 12.950 S	56 39.370 W
P19	05/03/2011	4.60	64 12.851 S	56 38.897 W
P20	05/03/2011	5.15	64 13.060 S	56 39.236 W
P21	04/03/2011	4.35	64 12 57 S	56 38 55 W
P22	04/03/2011	4.00	64 12 56 S	56 38 56 W
P23	04/03/2011	4.45	64 12 50 S	56 38 51 W
P24	04/03/2011	4.45	64 12 53 S	56 39 00 W
P25	04/03/2011	3.75	64 12 57 S	56 39 07 W
P26	05/03/2011	6.90	64 12 50 S	56 39 01 W
P27	05/03/2011	3.25	64 13 04 S	56 38 56 W
P28	05/03/2011	6.55	64 12 47 S	56 39 02 W
P29	05/03/2011	5.80	64 12 45 S	56 39 03 W
P30	05/03/2011	2.50	64 12 41 S	56 39 03 W
B1	07/03/2011	4,35	64 15.815 S	56 51.195 W
B2	07/03/2011	4,00	64 15.823 S	56 51.375 W
B3	07/03/2011	4,45	64 15.747 S	56 51.345 W
B4	07/03/2011	4,45	64 15.729 S	56 51.293 W
B5	07/03/2011	3,75	64 15.667 S	56 51.223 W
B6	07/03/2011	6,90	64 15.726 S	56 51.445 W
B7	07/03/2011	3,25	64 15.813 S	56 51.461 W
B8	07/03/2011	6,55	64 15.900 S	56 51.25 W
B9	07/03/2011	5,80	64 15.930 S	56 51.08 W
B10	07/03/2011	5,40	64 15.959 S	56 51.474 W
B11	07/03/2011	4,10	64 15.78 S	56 51.589 W
B12	07/03/2011	2,50	64 15.634 S	56 51.443 W
B13	07/03/2011	9,55	64 15 47 S	56 51 20 W
B14	07/03/2011	7,20	64 15 43 S	56 51 07 W
B15	07/03/2011	6,80	64 15 49 S	56 51 09 W
B16	07/03/2011	6,20	64 15 50 S	56 51 01 W
B17	07/03/2011	6,25	64 15 43 S	56 51 01 W
B18	07/03/2011	7,25	64 15 38 S	56 51 05 W
B19	07/03/2011	5,70	64 15 48 S	56 50 54 W

As amostras superficiais e subsuperficiais de região *offshore* foram coletadas a bordo do NPo. Alte. Maximiano (Marinha do Brasil), durante as operações antárticas OPERANTAR XXXI e XXXII, ocorridas em janeiro de 2013 e janeiro de 2014, respectivamente (figuras 8 e 9). As coordenadas geográficas dos testemunhos coletados durante a OPXXXI e OPXXXII encontram-se na tabela 4.

Figura 8 - Localização dos pontos de coletas DR1, DR2, DR3, DR4 e DR5, realizados na área situada entre extremo sul do Drake e nordeste das ilhas Shetlands, Antártica Ocidental, durante a OPERANTAR XXXI.

Fonte: adaptado do Google Earth.

Tabela 4 - Datas de coleta, lâmina d'água (em metros) e coordenadas geográficas dos testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI e XXXII.

OPERANTAR	Testemunhos	Data	Lâmina d'água (m)	Latitude	Longitude
XXXI	DR1	24/01/2013	490	61 25.801 S	56 57.042 W
XXXI	DR2	24/01/2013	492	61 25.541 S	56 57.286 W
XXXI	DR3	24/01/2013	483	61 25.159 S	56 57.670 W
XXXI	DR4	24/01/2013	472	61 25.177 S	56 56.962 W
XXXI	DR5	24/01/2013	486	61 25.263 S	56 55.930 W
XXXII	Drake1	17/01/2014	3.700	61 04.474 S	57 53.035 W
XXXII	Drake 1B	17/01/2014	3.850	62 04.472 S	57 53.041 W

Figura 9 - Localização dos pontos de coleta Drake 1 e Drake 1B, situados entre o Drake e nordeste das ilhas Shetlands, Antártica Ocidental, coletados durante a OPERANTAR XXXII.

Fonte: adaptado do Google Earth.

Em ambas as campanhas antárticas de 2013 e 2014, a coleta do sedimento foi realizada por meio de amostrador do tipo *box corer* (dimensões: 60 x 40 x 60 cm, capacidade de amostragem de 9 L de sedimento), cuja rotina de amostragem é detalhada a seguir. Quando o amostrador era trazido a bordo, retirava-se primeiramente a água sobrenadante ao sedimento, para os lançamentos serem validados. O sobrenadante sifonado foi armazenado em frascos destinados à análise da meiofauna (figura 10).

Figura 10 - Sifonamento e coleta da água sobrenadante ao sedimento amostrado pela *box corer*. Fotos Wânia Duleba.

Uma vez retirada a água da *box corer*, raspava-se a camada superficial oxidada (0 cm; eventualmente 0,5 cm) para o estudo de foraminíferos recentes. Posteriormente, os sedimentos subsuperficiais foram amostrados através de três *corers* de aço inox (10 x 10 x 60

cm), destinados às análises granulométrica, geoquímica (elementos traços e maiores, hidrocarbonetos) e foraminiferológicas (figura 11).

Figura 11 - Amostragem da coluna sedimentar coletada pela *box corer*, por meio de testemunhos de aço inox. Notar a raspagem do sedimento superficial (camada oxidada), destinada ao estudo dos foraminíferos recentes. Fotos Wânia Duleba.

No laboratório do navio, os testemunhos foram amostrados com espátulas de aço inox, retirando-se seções de 2 cm de sedimentos, que foram armazenados em potes plásticos (figura 12).

Figura 12 - Amostragem do testemunho em seções de 2 cm. Fotos Wânia Duleba.

Em seguida as amostras destinadas à granulometria e geoquímica foram congeladas. As amostras referentes aos foraminíferos foram preservadas em álcool 70%. As amostras Recentes (0 cm) e 0-2 cm foram coradas com solução de Rosa de Bengala (WALTON, 1952), para detectar os foraminíferos vivos no momento da coleta.

Durante a OPERANTAR XXXI (2013) foram coletados cinco testemunhos no Estreito de Bransfield/Passagem de Drake (DR1, DR2, DR3, DR4 e DR5), que foram amostrados a

cada dois centímetros (Recente, 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, etc.), totalizando 27 amostras. Durante a OPERANTAR XXXII em 2014 foram coletados dois testemunhos (Drake 1 e Drake 1B), também amostrados a cada dois centímetros, totalizando 27 amostras.

3.2 Granulometria e teor de CaCO_3 no sedimento.

Em laboratório as amostras foram descongeladas em estufa a 40°C. Análises granulométricas das amostras da OPERANTAR XXIX e XXXI seguiram o método tradicional de peneiramento e pipetagem, descritos em Suguio (1973). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabSed, IGc – USP).

As análises granulométricas das amostras pertencentes a OPERANTAR XXXII, por sua vez, foram realizadas por meio de difratômetro a laser *Malvern 2000*, com obtenção de curva contínua de distribuição granulométrica em volume, baseada em difração de raios laser em amostra dispersa em água (dispensor Hydro, para amostras lamosas). O referido método consiste em submeter o sedimento desagregado (cerca de 2g) à um feixe a laser, fazendo com que essas partículas de sedimento gerem uma interferência no feixe. Essas interferências são constituídas por faixas claras e escuras, pelo qual o tamanho das partículas é calculado conforme a distância entre elas. Os sinais gerados são captados por detectores e enviados para um programa que calcula a faixa granulométrica dos grãos (expresso em porcentagem), como também diâmetro médio dos grãos e respectivos desvios padrão (ϕ), assimetria e curtose.

Em todas as amostras, o sedimento foi classificado segundo a escala granulométrica estabelecias por Shepard (1954) e o grau de seleção dos sedimentos foi classificado de acordo com o proposto por Folk e Ward (1957).

A determinação dos teores de carbonato de cálcio (CaCO_3) foi obtida pela diferença de massa após a dissolução ácida em HCL a 10 %, conforme mostrado por Gross, (1971). A classificação do sedimento, segundo as concentrações de carbonato de cálcio, foi baseada em Larssonneur, 1982. Estes autores classificam o sedimento em litoclásticos ($\text{CaCO}_3 < 30 \%$), litobioclásticos (CaCO_3 entre 30 % e 50 %), biolitoclásticos (CaCO_3 entre 50 % e 70 %) e bioclásticos ($\text{CaCO}_3 > 70 \%$).

3.3 Nutrientes (carbono, nitrogênio e enxofre)

Para as amostras da ilha de Marambio, foram determinados os teores de carbono orgânico total (C_{org}), nitrogênio total (N_{total}) e enxofre total (S_{total}) no Laboratório de Química do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP). Depois de secas em estufa a 40 °C, as amostras para análises N_{total} e S_{total} foram pulverizadas em moinho de ágata e homogeneizada. Para determinação do C_{org} , as amostras foram tratadas previamente por dissolução ácida para eliminar o carbonato inorgânico e, posteriormente, pulverizadas em moinho de ágata. A determinação das concentrações de C_{org} e N_{total} foram obtidas por meio de um analisador CHN-1000 da LECO®. As análises do teor de S_{total} foram realizadas por meio do aparelho SC-432 também da LECO®.

A partir dos dados C, N, S foram calculadas as razões C/N e C/S. A razão C/N permite identificar a origem da matéria orgânica presente no sedimento (origem continental, mista ou marinha), pois organismos com ciclos fotossintetizantes distintos apresentam valores da razão C/N diferentes (HEDGES; KEIL, 1995). Segundo Stein (1991), razões C/N com valores abaixo de 6 indicam matéria orgânica de origem marinha, entre 6 e 15 matéria orgânica de origem mista e acima de 15 matéria orgânica de origem continental.

Já a razão C/S é utilizada para indicar condição *redox* do sedimento. Valores da razão C/S inferiores a 1,5 indicam coluna d'água e sedimento anóxico, valores entre 1,5 e 5 indicam coluna d'água disóxica, valores acima de 5 correspondem a sedimento e coluna d'água óxica (HEDGES; KEIL, 1995)

3.4 Elementos maiores e traço

As alíquotas das amostras destinada às análises geoquímicas (elementos maiores e traço) foram secas em estufa (40 °C) e peneiradas em malha de aço inox de 1mm. Em seguida foram pulverizadas em moinho de ágata à fração silte.

As concentrações de elementos maiores e traço das amostras das OPERANTARES XXIX e XXXI foram determinadas por Espectrometria de Massa com plasma acoplado (ICP-MS), seguindo o protocolo USEPA 3050B (*United States Environmental Protection Agency*). Segundo este método, determina-se somente os elementos biodisponíveis ao meio ambiente, por meio de digestão parcial do sedimento. Para controle da qualidade foram analisadas 2 réplicas com os materiais de referência STD DS8 e STD OREAS45A, com concentrações elementares conhecidas para obter controle dos resultados apresentados. As análises foram

realizadas pelo Laboratório ACME-LABS®, no Canadá, e os limites de detecção do método para todos os elementos químicos analisados estão expressos na tabela 5.

Tabela 5 - Limites de detecção do método (LDM) dos elementos analisados por ICP-MS.

Elemento	LDM (mg kg ⁻¹)
Al	0,01
As	0,1
Ca	0,01
Cd	0,01
Cu	0,01
Fe	0,01
Hg	5
K	0,01
Mg	0,01
Mn	1
Ni	0,1
Pb	0,01
Sc	0,1
Ti	0,001
Zn	0,1

Na OPERANTAR XXXII as concentrações de elementos maiores e traço foram determinadas por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) no Laboratório de Química Inorgânica Marinha no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (LaQIMar – IOUSP), seguindo a metodologia SW-846 USEPA 6010c (USEPA, 2006). Foram analisadas 2 réplicas com material de referência SS-2 da EnviroMat® (*Contaminated Soil*), esse material possui concentrações elementares conhecidas e é utilizado para manter o controle dos resultados obtidos. Os limites de detecção do método para todos os elementos químicos analisados estão expressos na tabela 6.

Tabela 6 - Limites de detecção do método (LDM) e) dos elementos analisados por ICP-OES.

Elemento	LDM (mg kg ⁻¹)
As	0,1
Cd	0,1
Cr	0,1
Cu	0,1
Fe	0,2
Mn	0,2
Ni	0,1
Pb	0,2
Zn	0,4

3.5 Análises da meiofauna (foraminíferos)

Tanto para amostras de Marambio quanto para as do Drake, as etapas iniciais de processamento seguiram uma rotina laboratorial, que consistiu em homogeneizar os sedimentos e extrair sucessivas alíquotas de 10cm³, que foram lavadas em peneiras de malhas de 250 µm e 63 µm, para eliminar as frações silte e argila (SCOTT et al., 2001; MURRAY, 2006; SCHÖNFELD et al., 2012).

A partir do material peneirado a úmido, triou-se diretamente o material retido na peneira ou deu-se prosseguimento às etapas de análises densimétricas por flotação-afundamento em 1) tricloroetileno e/ou 2) Ludox[®], conforme será detalhado a seguir

3.5.1 Foraminíferos monotalâmicos vivos de Marambio e do Drake

Conforme descrito anteriormente, de cada amostra foi retirada uma alíquota de 10 cm³, que foi peneirada em malhas de 250 µm e 63 µm. O material retido nas malhas foi então mantido em álcool 70 % em frascos de acrílico até o momento da triagem.

Posteriormente, deu-se prosseguimento à triagem úmida, realizada sob estereomicroscópio, com aumentos variando de 40 a 60x. A identificação das espécies foi feita concomitantemente ao processo de triagem, devido à fragilidade dos monotalâmicos. Após a triagem e identificação os organismos, estes foram acondicionados em tubos criogênicos com álcool 70 % (para evitar o ressecamento e colapso das carapaças orgânicas). Ao final da triagem, contabilizava-se a quantidade de indivíduos vivos. Se não fosse atingido um N amostral superior a 100 indivíduos vivos, analisava-se outra alíquota de 10cm³ e assim sucessivamente.

Na área P da Ilha de Marambio, foi utilizado este método de triagem úmida do material peneirado. Contudo, como não foram encontrados foraminíferos, realizou-se também análise densimétrica por flotação-afundamento em sílica coloidal (Ludox[®] TM-50) do material peneirado. Esse método é muito utilizado na triagem de metazoários da meiofauna e tem-se mostrado bastante eficiente para a concentração de carapaças de foraminíferos (SABBATINI, 2002).

3.5.2 Foraminíferos calcários e aglutinantes de Marambio e Drake

Após o peneiramento úmido nas malhas de 250 µm e 63 µm, o material foi seco em estufa (40 °C) e submetido à análise densimétrica por flotação-afundamento em

tricloroetileno (C_2HCl_3), para separar as carapaças das partículas sedimentares com densidade maior que $1,46 \text{ g/cm}^3$ (e.g., grãos de quartzo e outros minerais).

O material sobrenadante e o C_2HCl_3 foi então despejado cuidadosamente em papel de filtro. Depois de seco à temperatura ambiente, o material filtrado foi triado sob estereomicroscópio Zeiss Stemi SV6, com aumentos variando de 40 a 50x, retirando-se as carapaças, com auxílio de pincel de pelo de marta nº 000. As carapaças triadas foram acondicionadas em lâminas de fundo preto, previamente preparados com a aplicação de uma fina camada de goma adragante para fixação das carapaças.

Para verificar a eficiência da recuperação das carapaças do método de flotação e afundamento feitas em tricloroetileno (C_2HCl_3), foi triado o resíduo de ao menos 2 amostras por testemunho (com maior e menor densidade de organismos) com intuito de se obter um controle da perda de carapaças. Em todas as verificações obtivemos eficiência do tricloroetileno acima de 90 % de recuperação, validando o método.

Em todas as amostras foram triadas no mínimo 300 carapaças de foraminíferos calcários e aglutinantes (tanatocenose) (FATELA e TABORDA, 2002), dentro destas um mínimo de 100 indivíduos vivos (biocenose), independente de tamanho, coloração ou grau de fragmentação. Quando não foi possível obter as 300 carapaças de uma alíquota de 10 cm^3 , uma nova alíquota de 10 cm^3 foi processada e triada, assim sucessivamente até que se atingisse a contagem mínima estabelecida. As amostras de 10 cm^3 com mais de 300 carapaças foram subamostradas em microquarteador *Microsplitter Green Geological* até que obtivessem um N amostral mínimo estabelecido. Quando presentes nas amostras, os foraminíferos vivos foram contabilizados separadamente dos mortos.

2.5.1 Identificação taxonômica

A identificação das espécies de foraminíferos monotalâmicos, calcários e aglutinantes foi realizada com base em literatura específica da área de estudo (ANDERSON, 1976; ENGE; KUCERA; HEINZ, 2012; GOODAY, et al., 1996; GOODAY et al., 2004; GOODAY; PAWŁOWSKI, 2004; ISHMAN; DOMACK, 1994; LAKIN; GOODAY, 2019; LLANO; WALLEN, 1971; MACKENSEN et al., 1990; MAJEWSKI, 2013 MAJEWSKI; PAWŁOWSKI; ZAJĄCZKOWSKI, 2005; MIKHALEVICH, 2004; MURRAY; PUDSEY, 2004; OSTERMAN; KELLOGG, 1979; PAWŁOWSKI et al., 2005; SABBATINI et al., 2007), tendo sido consultado o catálogo Ellis e Messina (1940 et. seq.), assim como as publicações de Boltovskoy et al. (1980) e Loeblich e Tappan (1988). Para quantificar as

espécies de foraminíferos bentônicos tubulares, foram seguidos como base os critérios utilizados nos trabalhos de Harloff & Mackensen (1997), Heinz & Hemleben (2003) e Szarek et al. (2007).

Para confirmação taxonômica, alguns exemplares foram micrografados em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), no Laboratório de Microscopia Eletronica de Varredura do Instituto de Geociências na Universidade de São Paulo (LABMEV – IGcUSP).

3.5.3 Análise morfométrica

Todas as carapaças da biocenose e tanatocenose foram fotografadas a partir de uma câmera digital (AxioCam SV6), acoplada ao estereomicroscópio Zeiss Stemi SV6. Em seguida, as carapaças contidas nas imagens foram medidas uma a uma (eixo maior) utilizando o programa AxioVision®, da Zeiss, os valores obtidos foram tabulados em planilhas e a partir dessas foram calculadas as distribuições do tamanho para todas as amostras da OPXXXI e XXXII. A distribuição do tamanho das carapaças foi classificada em quatro classes: pequenas ($< 125 \mu\text{m}$), médias ($125 - 250 \mu\text{m}$), grandes ($250 - 500 \mu\text{m}$) e muito grandes ($> 500 \mu\text{m}$). Não foi possível realizar a morfometria das carapaças encontradas nas amostras da Ilha de Marambio (OPXXIX), devido à necessidade de triar as amostras em meio úmido a obtenção de imagens digitais se tornou inviável, pois dificultava a obtenção de imagens digitais.

3.5.4 Análise e interpretação de dados

A análise dos organismos vivos (biocenose) foi realizada com base naqueles indivíduos que foram corados com Rosa de Bengala no momento da coleta. Já aqueles indivíduos não corados representam a fauna de mortos (tanatocenose), sendo essa fauna o acúmulo de indivíduos de vários períodos sazonais. A fauna total refere-se à somatória da fauna de vivos mais a fauna de mortos. Estudos afirmam que ao trabalhar com a fauna total, há uma maior precisão na representação das condições ambientais de uma área devido ao acúmulo de vários períodos ali representados (ALBANI et al., 2007; DEBENAY & FERNANDEZ, 2009). Porém, outros autores argumentam que ao morrerem, as carapaças dos foraminíferos tornam-se partículas sedimentares, podendo permanecer no sistema sedimentar e serem transportadas por milhares de anos (MURRAY, 1991; SCHÖNFELD et al., 2012), podendo não representar as condições ambientais da área estudada.

Por não haver um consenso na literatura quanto a melhor forma de se trabalhar com os dados faunísticos, optou-se por trabalhar com tanatocenose separada da biocenose procurando obter nas amostras recentes uma quantidade mínima de 100 indivíduos vivos, dentro do

esforço amostral de 300 carapaças, para possibilitar a caracterização das associações de foraminíferos (FATELA & TABORDA, 2002).

Para a caracterização das associações de foraminíferos nas áreas de estudo foram aplicados índices ecológicos e análises estatísticas mais utilizados em estudos de foraminíferos bentônicos (MURRAY, 1991; DOMACK, 1994; MAJEWSKI, 2013). Para isso, foram calculados:

- *Abundância absoluta (n)*: número total de indivíduos (inteiros ou parcialmente fragmentados) em uma amostra, sendo apresentada em valores discretos.
- *Abundância relativa (p)*: número proporcional de indivíduos em uma amostra, apresentada em valores contínuos podendo ser expressos em porcentagem apartir da fórmula:

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Equação 1

onde, p_i = abundância relativa das espécies;

n_i = abundância absoluta da espécie na amostra;

N = número total de indivíduos na amostra.

- *Densidade (d)*: número total de indivíduos coletados por volume total de sedimento analisado.
- *Riqueza (S)*: número total de espécies que ocorrem em uma amostra.
- *Dominância de Simpson (1-D)*: indica a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso pertencerem a mesma espécie. Os valores variam de 0 a 1, quanto mais próximo a 1 maior a diversidade e menor a dominância, a inclusão de espécies raras não interfere nos valores do índice (MAGURRAN, 2003). O índice de Simpson foi obtido a partir da fórmula:

$$D = \sum \left[\frac{n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \right]$$

Equação 2

onde, n_i = abundância absoluta da espécie i

N = abundância absoluta total da amostra

- *Diversidade de Shannon-Wiener (H')*: índice que mede a distribuição das espécies dentro de uma amostra, assumindo que os indivíduos são amostrados aleatoriamente a partir de uma população indefinidamente grande, supondo que todas as espécies estão representadas na amostra, sendo mais sensível a espécies raras (MAGURRAN, 1988). Quanto menor o valor expresso pelo índice, menor a diversidade na amostra. A diversidade de Shannon foi obtida a partir da fórmula:

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

Equação 3

onde, p_i = abundância relativa da espécie i

- *Equitatividade (E')*: expressam a maneira como os indivíduos de uma mesma amostra se distribuem entre si. É comumente apresentado junto com os valores de H' e $(1-D)$, para medir a uniformidade da distribuição das espécies. Os valores variam de 0 à 1 (mínimo e máximo respectivamente) obtidos através da fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{MÁX}} = \frac{H'}{\ln S}$$

Equação 4

onde, H' = diversidade de Shannon-Wiener

S = número total de espécies na amostra

Em seguida, foi calculada a similaridade entre as amostras (levando em consideração a composição de espécies e a distribuição das abundâncias relativas) por meio da medida de distância de Bray-Curtis (KRABS, 1999). Esse método tem a finalidade de ordenar as

amostras em uma análise de agrupamento, utilizando o método de ligações completas como forma de agrupamento (LEGENDRE; LEGENDRE, 2003). O dendograma resultante desta análise auxiliou no reconhecimento das associações típicas de foraminíferos, que por sua vez, foram correlacionados com às variáveis abióticas.

Antes de dar início as análises de correlação multivariada entre as variáveis bióticas e abióticas foram realizados testes de normalidade para verificar a distribuição dos dados e assim poder escolher o melhor conjunto de análises estatísticas a serem utilizadas nesse trabalho. Os testes de normalidade são utilizados para verificar se a distribuição da probabilidade dos dados pode ser aproximada pela distribuição normal. Nas análises de avaliação da normalidade dos dados bióticos e abióticos deste trabalho, o valor de p foi < 0.05 (Teste de Shapiro-Wilk W), no qual não foi possível assumir nenhuma distribuição para os dados, mesmo após a transformação para escala logarítmica. Sendo assim, foram utilizados testes não paramétricos para as inferências estatísticas, quando não se assume hipóteses sobre a distribuição de probabilidade dos dados aqui apresentados.

Para melhor interpretação dos resultados e uma comparação mais objetiva entre as variáveis bióticas e abióticas as matrizes com as variáveis foram transformadas em $\text{Log}(x+1)$. Além disso, nas análises estatísticas foram consideradas somente as espécies de foraminíferos que apresentaram frequência relativa $\geq 3\%$. Excepcionalmente, foram consideradas somente as espécies com frequência relativa $\geq 5\%$, nas amostras da OPERANTAR XXXII, pois nessa campanha foi observada baixa dominância de espécies.

Em seguida, foi calculado o coeficiente de Spearman que permite medir o grau em que duas variáveis se relacionam, descrevendo a força e a direção dessa relação. Esse teste avalia a relação monotônica entre duas variáveis (variáveis que tendem a mudar juntas, porém não necessariamente em um valor constante). O coeficiente de Spearman é dado por:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n},$$

Equação 5

Os valores de p variam entre -1 (maior correlação negativa) e 1 (maior correlação positiva), quanto mais próximo dos valores extremos, maior será a correlação entre as

variáveis, sendo assim, valores próximos a zero sugerem a não correlação entre as variáveis (GOTELLI; ELLISON, 2011) (tabela 7).

Tabela 7 - Interpretações dos valores de ρ (+ ou -) da correlação de Spearman (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Valor de ρ (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 1,9	Correlação muito fraca
0,2 a 0,39	Correlação fraca
0,4 a 0,69	Correlação moderada
0,7 a 0,89	Correlação forte
0,9 a 1	Correlação muito forte

Com as variáveis selecionadas, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). A ACP consiste principalmente no redimensionamento da distribuição das variáveis em outro sistema de eixos reduzidos mais adequado para as análises dos dados, ou seja, ela faz uma reformulação das variáveis gerando novas combinações lineares independentes (componentes principais) que são apresentados de forma decrescente conforme a explicação da variância. É uma ferramenta de análise exploratória que permite ordenar os dados e revelar a existência de relações entre as variáveis, sugerindo novos grupos de variáveis que por sua vez, são formados através da variância entre os valores de cada variável contida da análise. A ACP também foi usada para avaliar a importância das variáveis escolhidas, as variáveis com maior “loadings” (peso) nas duas primeiras combinações lineares (CP’s) são as mais estatisticamente importantes para o estudo (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Todos os cálculos ecológicos, análise de agrupamento e correlação de Spearman foram executados no programa PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). A ACP foi executada no programa Statistica 13. Todos os gráficos deste trabalho foram elaborados no programa Origin 2018.

4 RESULTADOS

4.1 Ilha de Marambio - OPERANTAR XXIX (2011)

4.1.1 Parâmetros físico-químicos (profundidade, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido)

Os pontos amostrais da área P estão localizados em região muito rasa, com profundidades que variaram de 1,1 a 6,9 m. Os valores de temperatura da coluna d'água oscilaram entre -0,95 e 0,46 °C e os de salinidade de 32,9 a 34,9. Os valores de pH e oxigênio dissolvido dos sedimentos (camada óxica) oscilaram de 7,79 a 8,26 (levemente alcalino) e de 11,53 a 18,79 mg/L, respectivamente (tabela 8).

Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos do sedimento das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio.

Amostras	Profundidade (m)	Temperatura da água de fundo (°C)	Salinidade da água de fundo	pH sedimento	Oxigênio dissolvido sedimento (mg/L)
P1	4,10	-0,43	33,0	7,90	12,12
P2	3,55	-0,64	34,0	7,91	12,26
P3	2,65	-0,82	32,8	7,87	15,23
P4	2,65	-0,69	33,5	7,88	12,88
P5	3,30	-0,95	32,9	7,91	15,20
P6	3,40	-0,68	33,2	7,94	13,93
P7	2,45	-0,68	33,6	7,96	13,25
P8	1,55	-0,72	33,2	7,98	13,67
P9	1,10	-0,72	33,1	8,01	13,49
P10	1,15	-0,69	33,8	8,02	13,92
P11	1,90	-0,77	34,1	7,79	14,63
P12	2,10	-0,80	33,8	8,00	13,66
P13	2,05	-0,81	33,5	8,02	13,72
P14	2,55	-0,82	33,5	8,03	13,08
P15	2,70	-0,82	34,1	8,05	13,04
P16	2,85	-0,82	34,4	8,07	13,60
P17	4,45	-0,73	34,1	8,10	13,04
P18	6,35	-0,58	34,5	8,13	18,79
P19	4,60	-0,45	34,0	8,16	13,42
P20	5,15	-0,48	34,2	8,16	12,30
P21	4,35	0,30	34,2	8,04	12,43
P22	4,00	0,04	34,6	7,97	11,51
P23	4,45	0,05	34,4	8,03	11,60
P24	4,45	0,11	34,9	8,09	13,87
P25	3,75	0,02	34,9	8,11	11,53
P26	6,90	0,46	34,3	8,17	12,29
P27	3,25	0,03	34,7	8,15	12,75
P28	6,55	-0,03	34,9	8,14	15,34
P29	5,80	0,24	34,6	8,20	14,27
P30	2,50	0,72	34,3	8,26	16,43

Os pontos amostrais da área B também estão situados em região rasa (2,5 a 9,55m). A temperatura (-0,96 a 0,72 °C) e salinidade (33,8 e 34,9) da água de fundo não apresentaram variações significativas entre as amostras. Os valores de pH indicam sedimento levemente alcalino, com valores oscilando entre 7,81 e 8,26. O oxigênio dissolvido no sedimento apresentou variação entre 7,1 a 16,43 mg/L (tabela 9).

Tabela 9 - Parâmetros físico-químicos do sedimento das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.

Amostras	Profundidade (m)	Temperatura da água de fundo (°C)	Salinidade da água de fundo	pH sedimento	Oxigênio dissolvido sedimento (mg/L)
B1	4,35	0,30	34,2	8,04	12,43
B2	4,00	0,04	34,6	7,97	11,51
B3	4,45	0,05	34,4	8,03	11,60
B4	4,45	0,11	34,9	8,09	13,87
B5	3,75	0,02	34,9	8,11	11,53
B6	6,90	0,46	34,3	8,17	12,29
B7	3,25	0,03	34,7	8,15	12,75
B8	6,55	-0,03	34,9	8,14	15,34
B9	5,80	0,24	34,6	8,20	14,27
B10	5,40	0,06	34,9	8,22	14,13
B11	4,10	0,37	34,6	8,26	16,36
B12	2,50	0,72	34,3	8,26	16,43
B13	9,55	-0,17	34,2	7,96	10,80
B14	7,20	-0,88	34,1	7,81	7,01
B15	6,80	-0,91	33,7	7,82	7,13
B16	6,20	-0,96	33,8	7,96	8,07
B17	6,25	-0,76	34,1	8,00	7,40
B18	7,25	-0,65	34,3	8,00	7,42
B19	5,70	-0,54	34,9	8,01	7,14

4.1.2 Teores de CaCO₃ e granulometria

Os sedimentos da área P são essencialmente litoclásticos, apresentando porcentagens de CaCO₃ abaixo de 10 % (tabela 10). No tocante aos resultados granulométricos, constata-se que sedimentos da maioria das amostras da área P são arenosos, com exceção dos pontos amostrais P18, P29 e P30, onde foi encontrado areia siltica. Segundo classificação de Wentworth (1922), constatou-se predomínio de areia fina e muito fina (tabela 11). Contudo, nas amostras P7, P17, P20, P23, P24, P25, P26 e P28 há predominância de areia média (figura 13). O grau de seleção, em grande parte das amostras foi classificado como mal selecionado, com exceção das amostras P18, P20, P23, P26, P28, P29 e P30 onde o sedimento é muito mal selecionado (tabela 11).

Tabela 10 - Teores de CaCO_3 do sedimento das amostras coletadas na área P da Ilha de Marambio e classificação segundo Larssonneur (LARSSONNEUR et al., 1982).

Amostra	CaCO_3 (%)	Classificação de Larssonneur, et al. (1982)
P01	4,79	Litoclástico
P02	4,28	Litoclástico
P03	2,45	Litoclástico
P04	4,24	Litoclástico
P05	4,44	Litoclástico
P06	3,12	Litoclástico
P07	4,61	Litoclástico
P08	3,50	Litoclástico
P09	3,61	Litoclástico
P10	4,95	Litoclástico
P11	3,10	Litoclástico
P12	3,17	Litoclástico
P13	3,54	Litoclástico
P14	4,86	Litoclástico
P15	3,35	Litoclástico
P16	4,61	Litoclástico
P17	3,47	Litoclástico
P18	5,65	Litoclástico
P19	5,18	Litoclástico
P20	3,79	Litoclástico
P21	3,14	Litoclástico
P22	2,99	Litoclástico
P23	4,04	Litoclástico
P24	2,69	Litoclástico
P25	3,46	Litoclástico
P26	2,58	Litoclástico
P27	2,87	Litoclástico
P28	4,81	Litoclástico
P29	6,40	Litoclástico
P30	8,72	Litoclástico

Tabela 11 – Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes a área P da ilha de Marambio.

Amostra	Grânulos (%)	Areia (%)					Lama (%)		Classificação Shepard (1954)	Grau de seleção Folk e Ward (1957)
		Mto grossa	Grossa	Média	Fina	Mto fina	Silte	Argila		
P01	0,14	0,41	0,45	3,03	23,20	52,11	11,77	8,90	Areia	Mal selecionado
P02	0,00	0,02	0,18	19,86	42,10	26,83	4,86	6,16	Areia	Mal selecionado
P03	0,00	0,00	0,10	16,10	46,90	32,22	1,72	2,95	Areia	Mal selecionado
P04	0,02	0,05	0,15	8,38	51,20	32,71	3,12	4,36	Areia	Mal selecionado
P05	0,00	0,06	0,32	11,43	42,06	35,54	5,36	5,24	Areia	Mal selecionado
P06	0,00	0,05	0,13	12,24	49,42	28,32	4,67	5,17	Areia	Mal selecionado
P07	0,00	0,04	0,16	47,38	14,82	25,05	5,47	7,08	Areia	Mal selecionado
P08	0,00	0,00	0,14	11,98	55,11	27,71	1,66	3,40	Areia	Mal selecionado
P09	0,00	0,02	0,14	16,47	63,54	15,55	1,41	2,87	Areia	Mal selecionado
P10	0,48	0,18	0,13	0,25	28,19	60,46	4,26	6,05	Areia	Mal selecionado
P11	0,05	0,06	0,46	6,15	59,08	27,41	3,08	3,71	Areia	Mal selecionado
P12	0,00	0,00	0,08	11,50	69,31	14,45	1,80	2,86	Areia	Mal selecionado
P13	0,00	0,00	0,11	12,75	64,24	15,99	2,70	4,20	Areia	Mal selecionado
P14	0,14	0,05	0,48	16,15	43,34	29,23	5,09	5,52	Areia	Mal selecionado
P15	0,00	0,00	0,09	7,73	53,00	30,78	3,48	4,94	Areia	Mal selecionado
P16	0,00	0,04	0,13	11,47	37,72	39,56	6,20	4,88	Areia	Mal selecionado
P17	0,44	1,60	14,81	55,83	16,14	4,10	3,42	3,66	Areia	Mal selecionado
P18	2,60	0,14	0,42	9,27	14,83	42,33	21,48	8,93	Areia Siltica	Muito mal selecionado
P19	0,00	0,42	0,38	11,50	50,64	18,85	10,83	7,38	Areia	Mal selecionado
P20	0,37	1,12	9,73	42,82	19,52	12,33	8,22	5,89	Areia	Muito mal selecionado
P21	0,04	0,12	0,19	20,76	46,81	21,90	5,07	5,11	Areia	Mal selecionado
P22	0,13	0,02	0,25	24,67	46,48	20,21	3,92	4,32	Areia	Mal selecionado
P23	0,04	0,21	1,03	33,44	30,27	16,77	11,83	6,41	Areia	Muito mal selecionado
P24	0,18	0,44	5,21	65,14	18,82	4,16	3,27	2,78	Areia	Mal selecionado
P25	0,41	0,79	4,50	43,22	27,94	11,51	6,14	5,49	Areia	Mal selecionado
P26	7,84	0,34	2,95	41,65	19,11	11,87	10,27	5,96	Areia	Muito mal selecionado
P27	0,05	0,11	0,42	13,84	56,72	23,77	1,49	3,60	Areia	Mal selecionado
P28	0,60	0,60	5,64	46,31	10,65	12,32	14,80	9,08	Areia	Muito mal selecionado
P29	0,46	0,20	0,31	2,37	8,42	36,42	37,48	14,34	Areia Siltica	Muito mal selecionado
P30	0,26	0,00	0,04	0,18	4,62	44,11	36,40	14,38	Areia Siltica	Muito mal selecionado

Figura 13 - Porcentagem de grânulos, areia e lama das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio.

Assim como os sedimentos da área P, os da área B são também litoclásticos (tabela 12). Em grande parte das amostras pertencentes a área B os sedimentos são classificados como areia síltica. Nas amostras B3, B6, B10 e B14 o sedimento possui maior quantidade da fração silte, sendo classificado com silte arenoso (tabela 13). A amostra B5 é predominantemente composta por sedimentos pertencentes à classe de areia (areia fina e muito fina) (figura 14). O sedimento da área B, em sua maioria, é muito mal selecionado, exceto nas amostras B2, B5 e B6, onde o sedimento é mal selecionado, segundo a classificação de Folk e Ward (1957) e demonstrado na tabela 13.

Tabela 12 - teores de CaCO_3 do sedimento das amostras coletadas na área B da Ilha de Marambio e classificação segundo Larssonneur (LARSSONNEUR et al., 1982).

Amostra	CaCO_3 (%)	Classificação de Larssonneur, et al. (1982)
B1	5,90	Litoclástico
B2	9,30	Litoclástico
B3	6,60	Litoclástico
B4	10,10	Litoclástico
B5	3,20	Litoclástico
B6	8,50	Litoclástico
B7	6,90	Litoclástico
B8	6,10	Litoclástico
B9	8,50	Litoclástico
B10	14,90	Litoclástico
B11	13,50	Litoclástico
B12	8,70	Litoclástico
B13	10,60	Litoclástico
B14	6,70	Litoclástico
B15	8,10	Litoclástico
B16	8,30	Litoclástico
B17	6,70	Litoclástico
B18	6,60	Litoclástico
B19	6,10	Litoclástico

Tabela 13 - Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.

Amostra	Grânulos (%)	Areia (%)					Lama (%)		Classificação Shepard (1954)	Grau de seleção Folk e Ward, 1957
		Mto. Grossa	Grossa	Média	Fina	Mto. Fina	Silte	Argila		
B1	1,16	1,06	0,44	1,19	7,33	43,60	30,21	15,01	Areia siltica	Muito mal selecionado
B2	1,65	0,45	0,61	0,93	7,72	38,81	41,37	8,46	Areia siltica	Mal selecionado
B3	5,92	0,39	0,38	0,42	2,66	29,90	46,57	13,77	Silte arenoso	Muito mal selecionado
B4	3,83	0,44	0,71	1,12	8,47	45,74	25,42	14,28	Areia siltica	Muito mal selecionado
B5	0,04	0,00	0,11	7,79	49,23	36,37	2,90	3,56	Areia	Mal selecionado
B6	0,46	0,24	0,26	0,74	4,31	30,93	52,14	10,93	Silte arenoso	Mal selecionado
B7	5,78	1,64	1,48	1,42	10,67	47,46	22,68	8,87	Areia siltica	Muito mal selecionado
B8	0,15	0,05	0,24	0,57	8,95	37,83	39,71	12,50	Areia siltica	Muito mal selecionado
B9	0,90	0,10	0,19	0,48	9,89	40,37	35,89	12,18	Areia siltica	Muito mal selecionado
B10	0,31	0,09	0,10	0,25	3,10	29,22	52,01	14,91	Silte arenoso	Muito mal selecionado
B11	0,40	0,11	0,28	0,48	6,16	41,48	38,27	12,82	Areia siltica	Muito mal selecionado
B12	1,25	0,19	0,19	0,37	5,75	40,75	38,82	12,68	Areia siltica	Muito mal selecionado
B13	3,00	1,05	2,11	3,06	16,26	39,16	24,84	10,52	Areia siltica	Muito mal selecionado
B14	0,10	0,29	0,64	0,87	6,84	32,75	41,88	16,63	Silte arenoso	Muito mal selecionado
B15	0,94	0,45	0,78	1,23	8,14	41,32	33,48	13,65	Areia siltica	Muito mal selecionado
B16	1,38	0,57	0,59	0,55	8,11	37,27	38,67	12,85	Areia siltica	Muito mal selecionado
B17	0,23	0,26	0,54	1,11	14,27	40,23	28,84	14,52	Areia siltica	Muito mal selecionado
B18	5,79	0,47	0,53	0,54	4,28	45,96	27,63	14,79	Areia siltica	Muito mal selecionado
B19	1,08	0,58	0,67	0,92	12,57	45,85	24,40	13,92	Areia siltica	Muito mal selecionado

Figura 14 - Porcentagem de grânulos, areia e lama das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio

4.1.3 Nutrientes (carbono, nitrogênio e enxofre)

Na área P as porcentagens de C_{org} no sedimento, por sua vez, variaram entre 0,13 e 0,72 %. Os valores de N_{total} oscilaram entre 0,01 e 0,09 % e os de S_{total} entre 0,03 e 0,1 % (tabela 14).

A razão C/N das amostras da área P apresentou valores entre 4,67 e 48. Nas amostras P06, P11, P13, P19 e P27 os valores da razão C/N indicam presença de matéria orgânica marinha. Nas amostras P01, P09, P12, P15, P17, P24, P28, P29 e P30 a matéria orgânica tem origem mista (marinho e continental). A matéria orgânica presente nas demais amostras (P02, P03, P04, P05, P07, P08, P10, P14, P16, P18, P20, P21, P22, P23, P25 e P26) é continental (tabela 14 e figura 15).

Tabela 14 - Concentrações de Carbono orgânico total (C_{org}), nitrogênio total (N_{total}), enxofre total (S_{total}), razão C/N, classificação da origem da matéria orgânica segundo Stein (1991), razão C/S e classificação do potencial redox segundo Hedges e Keil (1995) das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Sedimento (sed.), coluna d'água (colun.).

Amostras	C_{org} (%)	N_{total} (%)	S_{total} (%)	C/N	Classificação C/N Stein (1991)	C/S	Classificação C/S Hedges e Keil (1995)
P01	0,27	0,03	0,08	9	Misto	3,4	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P02	0,25	0,01	0,08	25	Continental	3,2	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P03	0,17	0,01	0,04	17	Continental	4,6	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P04	0,21	0,01	0,06	21	Continental	3,5	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P05	0,25	0,01	0,08	25	Continental	3,1	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P06	0,23	0,04	0,08	5,8	Marinho	2,9	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P07	0,24	0,01	0,09	24	Continental	2,6	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P08	0,15	0,01	0,05	15	Continental	3	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P09	0,13	0,02	0,06	6,5	Misto	2,2	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P10	0,23	0,01	0,12	23	Continental	1,9	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P11	0,21	0,04	0,06	5,3	Marinho	3,5	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P12	0,13	0,02	0,05	6,5	Misto	2,6	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P13	0,17	0,03	0,05	5,7	Marinho	3,4	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P14	0,26	0,01	0,08	26	Continental	3,3	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P15	0,21	0,02	0,07	10,5	Misto	3,2	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P16	0,18	0,01	0,08	18	Continental	2,3	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P17	0,16	0,02	0,07	8	Misto	2,3	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P18	0,52	0,04	0,07	13	Continental	7,8	Água e sedimento óxico
P19	0,31	0,06	0,12	5,2	Marinho	2,6	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P20	0,29	0,02	0,10	14,5	Continental	3,0	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P21	0,25	0,02	0,07	12,5	Continental	3,7	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P22	0,21	0,01	0,04	21	Continental	5,3	Água e sedimento óxico
P23	0,48	0,01	0,10	48	Continental	5	Água e sedimento óxico
P24	0,15	0,02	0,08	7,5	Misto	2,0	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P25	0,23	0,01	0,08	23	Continental	2,9	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P26	0,31	0,01	0,11	31	Continental	2,7	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P27	0,14	0,03	0,04	4,7	Marinho	3,4	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P28	0,34	0,04	0,11	8,5	Misto	3,1	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P29	0,72	0,08	0,26	9	Misto	2,8	Sed. Anóxico/Colun. Óxica
P30	0,57	0,09	0,15	6,3	Misto	3,8	Sed. Anóxico/Colun. Óxica

Figura 15 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/N (STEIN, 1991) das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio.

A razão C/S das amostras da área P variou entre 1,9 e 7,8. Desta maneira, na maioria das amostras a razão indica sedimentos anóxicos e coluna d'água óxica. Nas amostras P18, P22 e P23 a razão C/S indicou sedimento e coluna d'água óxica (tabela 14, figura 16).

Figura 16 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/S (HEDGES, KEIL, 1995) das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio

Nas amostras da área B da Ilha de Marambio as porcentagens de C_{org} variaram entre 0,15% a 0,98%, N_{total} variou entre 0,01 a 0,09% e S_{total} variou entre 0,1 % a 0,38 % (tabela 15).

Tabela 15 - Concentrações de Carbono orgânico total (C_{org}), nitrogênio total (N_{total}), enxofre total (S_{total}), razão C/N, classificação da origem da matéria orgânica segundo Stein (1991), razão C/S e classificação do potencial redox segundo Hedges e Keil (1995) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Sedimento (sed.), coluna d'água (colun.).

Amostras	C_{total} (%)	N_{total} (%)	S_{total} (%)	C/N	Classificação C/N Stein (1991)	C/S	Classificação C/S Hedges e Keil (1995)
B1	0,61	0,04	0,27	15,3	Continental	2,3	Sed. anóxico e colun. óxica
B2	0,51	0,05	0,18	10,2	Mista	2,8	Sed. anóxico e colun. óxica
B3	0,52	0,01	0,32	52,0	Continental	1,6	Sed. anóxico e colun. óxica
B4	0,80	0,03	0,24	26,7	Continental	3,3	Sed. anóxico e colun. óxica
B5	0,15	0,04	0,31	3,8	Marinha	0,5	Sed. e colun. anóxico
B6	0,73	0,07	0,30	10,4	Mista	2,4	Sed. anóxico e colun. óxica
B7	0,32	0,01	0,14	32,0	Continental	2,3	Sed. anóxico e colun. óxica
B8	0,63	0,04	0,27	15,8	Continental	2,3	Sed. anóxico e colun. óxica
B9	0,59	0,02	0,34	29,5	Continental	1,7	Sed. anóxico e colun. óxica
B10	0,98	0,07	<0,1	14,0	Mista	9,8	Sed. e colun. óxicos
B11	0,59	0,06	0,25	9,8	Mista	2,4	Sed. anóxico e colun. óxica
B12	0,58	0,03	0,33	19,3	Continental	1,8	Sed. anóxico e colun. óxica
B13	0,44	0,02	0,22	22,0	Continental	2,0	Sed. anóxico e colun. óxica
B14	0,54	0,09	0,38	6,0	Marinha	1,4	Sed. anóxico e colun. óxica
B15	0,62	0,03	0,24	20,7	Continental	2,6	Sed. anóxico e colun. óxica
B16	0,54	0,02	0,29	27,0	Continental	1,9	Sed. anóxico e colun. óxica
B17	0,61	0,05	0,20	12,2	Mista	3,1	Sed. anóxico e colun. óxica
B18	0,46	0,04	0,34	11,5	Mista	1,4	Sed. e colun. anóxico
B19	0,57	0,02	0,25	28,5	Continental	2,3	Sed. anóxico e colun. óxica

Os valores da razão C/N das amostras da área B da Ilha de Marambio variaram entre 3,8 e 52. Em grande parte das amostras a razão C/N indicou que a origem da matéria orgânica é continental (B1, B3, B4, B7, B8, B9, B12, B13, B15, B16 e B19). Nas amostras B2, B6, B10, B11, B17 e B18, a matéria orgânica é mista, ou seja, de origem continental e marinha. Já nas amostras B5 e B14 a matéria orgânica é de origem marinha (tabela 15, figura 17).

Na maior parte das amostras da área B, a razão C/S variou entre 0,5 e 9,8 apresentou indicativos de sedimento anóxico e coluna d'água óxica. Nas amostras B5 e B18 a razão C/S indicou sedimento e coluna d'água anóxicos. A razão obtida na amostra B10, por sua vez, indicou a presença de sedimento e a coluna d'água óxicos (tabela 15, figura 18).

Figura 17 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/N (STEIN, 1991) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.

Figura 18 - Classificação da origem da matéria orgânica segundo razão C/S (HEDGES, KEIL, 1995) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.

4.1.4 Elementos maiores e traço

As concentrações dos elementos químicos das amostras da área P da Ilha de Marambio são apresentados na tabela 16 e nas figuras 19 e 20. Alguns elementos, como As (exceto na amostra P29) e Cd apresentaram concentrações baixas em praticamente todas as amostras, muitas vezes próximos ao limite de detecção do ICPMS (figura 19).

Já as concentrações de Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc e Zn apresentaram padrão de distribuição muito heterogêneo por toda a área estudada. Dependendo do ponto amostral, os teores de Cu (0,25 a 8,22 mg kg⁻¹), Fe (0,52 a 1,81 %), Mg (0,12 a 0,45 %), Mn, (36 a 157 %), Ni (1,8 a 10,1 mg kg⁻¹), Pb (1,2 a 6,61 mg kg⁻¹), Sc (1,2 a 4,7 mg kg⁻¹) e Zn (11,1 a 47,4 mg kg⁻¹) oscilaram muito. Dentre as amostras analisadas da área P, constatou-se que as amostras P10, P29 e P30 apresentaram maiores concentrações de 1) Al, K, Mn e Ti (P10), 2) Fe, Hg e Pb (P29) e Ca, Cu, Mg, Ni, Sc e Zn (P30).

Os resultados das concentrações de elementos maiores e traço da área B de Marambio estão apresentados na tabela 17 e figuras 21 e 22. As concentrações dos elementos variaram consideravelmente em todas as amostras, apresentando também um padrão de distribuição horizontal heterogêneo (tabela 17).

Observando as concentrações dos elementos por amostra, constata-se que a amostra B10 apresentou concentrações mais altas de As (15,2 mg kg⁻¹), Ca (0,53 %), Cu (10,18 mg kg⁻¹), Fe (2,48 %) e Pb (8,07 mg kg⁻¹). A amostra B13 apresentou concentrações mais altas de Ca (0,53 %), Mg (0,72 %), Mn (197 mg kg⁻¹) e Ni (16,3 mg kg⁻¹). Já a amostra B5 possui a menor concentração da maioria dos elementos maiores e traço, como Ca (0,11 %), Fe (0,68 %), Hg (abaixo do limite de detecção do método), Mg (0,13 %), Mn (44 mg kg⁻¹), Ni (2 mg kg⁻¹), Pb (1,83 mg kg⁻¹) e Zn (14,9 mg kg⁻¹).

Tabela 16 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Em negrito as maiores concentrações dos elementos entre cada amostra. Onde nd = não detectado.

Amostra	Alumínio Al (%)	Arsênio As (mg kg ⁻¹)	Cálcio Ca (%)	Cádmio Cd (mg kg ⁻¹)	Cobre Cu (mg kg ⁻¹)	Ferro Fe (%)	Mercurio Hg (mg kg ⁻¹)	Potássio K (%)	Magnésio Mg (%)	Manganês Mn (mg kg ⁻¹)	Níquel Ni (mg kg ⁻¹)	Chumbo Pb (mg kg ⁻¹)	Escândio Sc (mg kg ⁻¹)	Titânio Ti (mg kg ⁻¹)	Zinco Zn (mg kg ⁻¹)
Média	0,39 ± 0,16	3,94 ± 1,17	0,15 ± 0,08	0,05 ± 0,03	2,48 ± 1,96	0,89 ± 0,30	0,08 ± 0,02	0,17 ± 0,03	0,19 ± 0,07	62,4 ± 26,9	3,65 ± 1,96	2,55 ± 1,41	2,10 ± 0,75	0,02 ± 0,01	19,7 ± 8,2
P1	0,43	4,4	0,18	0,08	4,44	1,18	0,007	0,16	0,31	83	7,7	3,53	3,1	0,022	26,9
P2	0,34	3,8	0,12	0,13	3,87	0,81	0,009	0,16	0,17	54	2,7	3,36	2,5	0,014	19,5
P3	0,30	3,0	0,11	0,12	2,80	0,66	0,005	0,15	0,13	41	2,0	2,41	2,1	0,013	15,5
P4	0,31	3,3	0,11	0,08	2,31	0,73	0,006	0,15	0,14	47	2,2	2,18	1,9	0,015	16,4
P5	0,39	3,7	0,13	0,01	1,65	0,86	0,011	0,18	0,18	56	3,2	2,37	2,0	0,020	18,2
P6	0,34	3,6	0,10	nd	1,30	0,81	0,007	0,17	0,16	53	2,6	1,92	1,9	0,019	17,4
P7	0,43	3,7	0,12	nd	2,10	0,97	0,010	0,20	0,19	63	3,6	2,55	2,2	0,020	21,3
P8	0,29	2,8	0,09	nd	0,25	0,69	nd	0,15	0,13	48	1,9	1,20	1,5	0,018	13,3
P9	0,33	2,9	0,10	nd	0,06	0,70	nd	0,16	0,13	51	2,3	1,14	1,7	0,020	14,1
P10	1,05	3,2	0,28	nd	4,91	1,35	0,007	0,31	0,31	157	6,2	3,35	3,7	0,107	25,8
P11	0,36	2,9	0,14	nd	0,96	0,85	0,005	0,18	0,16	76	2,7	1,84	2,0	0,027	16,4
P12	0,30	2,7	0,12	nd	0,36	0,74	nd	0,17	0,13	62	2,0	1,53	1,7	0,025	12,6
P13	0,28	2,9	0,10	nd	0,35	0,71	0,007	0,16	0,13	48	2,2	1,33	1,6	0,016	14,4
P14	0,34	3,3	0,10	nd	0,98	0,84	0,009	0,17	0,16	55	3,2	1,71	1,8	0,015	17,6
P15	0,33	3,5	0,10	nd	0,83	0,84	nd	0,18	0,16	55	2,5	1,84	1,8	0,016	17,4
P16	0,37	3,2	0,12	0,01	1,74	0,83	0,005	0,18	0,17	52	2,9	1,84	1,9	0,017	19,3
P17	0,31	4,3	0,19	0,02	2,68	0,73	0,007	0,16	0,16	47	2,9	1,92	1,6	0,015	13,9
P18	0,49	5,5	0,23	0,05	3,66	1,27	0,011	0,20	0,27	88	5,5	3,93	2,7	0,017	30,6
P19	0,37	4,5	0,13	0,03	2,43	0,93	0,010	0,17	0,20	61	4,1	2,69	2,0	0,013	21,9
P20	0,37	5,1	0,20	0,03	3,46	0,88	0,009	0,16	0,20	56	4,3	2,44	1,8	0,017	18,1
P21	0,30	4,0	0,11	0,02	1,48	0,77	0,009	0,15	0,15	42	2,4	1,76	1,7	0,014	15,6
P22	0,33	3,7	0,10	0,03	1,65	0,73	0,006	0,15	0,15	41	3,4	1,69	1,6	0,015	14,9
P23	0,37	4,2	0,13	0,03	2,32	0,85	0,008	0,16	0,18	50	3,9	2,61	2,0	0,014	20,5
P24	0,25	3,3	0,15	0,02	1,97	0,52	0,009	0,12	0,13	36	2,3	1,43	1,2	0,013	11,1
P25	0,32	4,2	0,16	0,04	2,93	0,77	0,006	0,15	0,17	56	3,2	2,34	1,6	0,016	16,5
P26	0,33	4,2	0,20	0,07	2,72	0,77	0,007	0,15	0,19	52	3,9	2,53	1,7	0,015	17,9
P27	0,29	2,8	0,11	0,03	1,01	0,66	nd	0,16	0,12	43	1,8	1,67	1,5	0,020	13,2
P28	0,40	5,8	0,18	0,05	3,25	0,93	0,012	0,15	0,21	61	4,4	3,49	2,1	0,015	21,6
P29	0,55	8,3	0,25	0,08	7,97	1,80	0,015	0,20	0,39	122	7,6	7,43	3,6	0,018	43,3
P30	0,87	5,4	0,55	0,11	8,22	1,81	0,012	0,25	0,45	118	10,1	6,61	4,7	0,017	47,4

Figura 19 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg) e potássio (K), das amostras pertencentes a área P da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg⁻¹ e % (porcentagem).

Figura 20 - Concentrações dos elementos magnésio (Mg), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes à área P da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg⁻¹ e % (porcentagem).

Tabela 17 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Em destaque as maiores concentrações dos elementos entre as amostras. Onde nd = não detectado.

Amostra	Alumínio Al (%)	Arsênio As (mg kg ⁻¹)	Cálcio Ca (%)	Cádmio Cd (mg kg ⁻¹)	Cobre Cu (mg kg ⁻¹)	Ferro Fe (%)	Mercúrio Hg (mg kg ⁻¹)	Potássio K (%)	Magnésio Mg (%)	Manganês Mn (mg kg ⁻¹)	Níquel Ni (mg kg ⁻¹)	Chumbo Pb (mg kg ⁻¹)	Escândio Sc (mg kg ⁻¹)	Titânio Ti (%)	Zinco Zn (mg kg ⁻¹)
Média	0,9 ± 0,18	6,09 ± 2,51	0,32 ± 0,10	0,08 ± 0,02	7,72 ± 1,86	1,96 ± 0,37	0,019 ± 0,007	0,24 ± 0,04	0,51 ± 0,12	132 ± 29,8	10,6 ± 2,82	5,96 ± 1,38	4,92 ± 1,07	0,01 ± 0,01	40,5 ± 7,65
B1	0,82	5,2	0,31	0,10	6,99	1,85	0,017	0,24	0,44	116	9,6	5,94	4,2	0,016	39,1
B2	0,75	5,9	0,35	0,07	8,66	1,84	0,011	0,21	0,49	120	10,7	5,11	4,1	0,019	36,5
B3	1,01	5,3	0,24	0,09	9,41	1,96	0,013	0,28	0,46	115	12,0	6,84	4,4	0,022	44,9
B4	0,81	5,9	0,27	0,10	8,67	1,88	0,016	0,22	0,53	121	11,9	5,85	4,4	0,020	39,5
B5	0,31	2,6	0,11	0,04	1,49	0,68	nd	0,16	0,13	44	2,0	1,83	1,6	0,020	14,9
B7	0,72	4,2	0,34	0,09	5,68	1,78	0,012	0,18	0,55	140	14,9	3,96	4,2	0,032	33,3
B8	0,98	7,5	0,30	0,10	7,16	1,96	0,029	0,27	0,52	133	8,2	6,45	5,4	0,015	42,3
B9	1,04	7,1	0,34	0,08	8,08	2,26	0,033	0,26	0,56	147	10,7	6,92	6,2	0,017	45,3
B10	1,09	15,2	0,53	0,05	10,18	2,48	0,025	0,35	0,66	147	11,4	8,07	5,9	0,014	48,5
B11	0,85	7,8	0,35	0,07	7,38	1,88	0,018	0,28	0,59	133	9,3	5,98	5,0	0,016	38,0
B12	0,84	4,7	0,23	0,08	7,07	1,77	0,027	0,23	0,47	111	10,1	5,61	4,5	0,015	35,1
B13	0,97	6,4	0,53	0,05	8,18	2,38	0,022	0,23	0,72	197	16,3	5,05	6,2	0,032	41,4
B14	1,11	6,5	0,29	0,10	9,66	2,26	0,031	0,30	0,56	135	10,2	7,76	5,6	0,016	49,7
B15	0,89	5,1	0,33	0,12	8,10	1,92	0,008	0,23	0,53	146	11,5	6,14	5,3	0,016	44,5
B16	0,99	5,6	0,35	0,07	7,56	2,15	0,029	0,25	0,55	149	9,6	6,22	5,7	0,019	40,1
B17	1,09	4,8	0,34	0,07	8,14	2,29	0,017	0,27	0,58	157	10,6	6,61	5,9	0,018	43,4
B18	0,96	5,2	0,37	0,09	7,42	2,06	0,023	0,24	0,49	137	11,7	6,58	5,2	0,017	47,7
B19	0,93	5,5	0,43	0,09	7,48	1,99	0,015	0,24	0,52	147	10,5	5,64	5,3	0,024	41,3

Figura 21 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg) e potássio (K) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

Figura 22 - Concentrações dos elementos magnésio (Mg), manganês (Mn), níquel (Ni) e chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

4.1.5 Meiofauna (foraminíferos)

Nas amostras pertencentes a área P não foram encontradas carapaça ou fragmentos de foraminíferos calcários, aglutinantes e orgânicos, vivos ou mortos, mesmo após triagem de cerca 50cm³ de sedimento, pelos métodos de análise densimétrica por flutuação-afundamento em tricloroetileno e por sílica coloidal (Ludox[®] TM-50). Somente na amostra P18 foram encontradas 55 ostracodes vivos.

Na área B foram encontrados muitos foraminíferos vivos e mortos em todas as amostras, conforme será explicado a seguir.

4.1.5.1 Estrutura das associações de foraminíferos vivos (área B).

Foram necessários 20 cm³ de sedimento triados em grande parte das amostras para obter 300 indivíduos vivos. Nas amostras B6, B12, B17 e B18 foram necessários 30 cm³ e na amostra B1 foi necessário utilizar somente uma alíquota de 10 cm³ de sedimento. Nas amostras onde foram utilizados 10cm³ ou 30cm³, a densidade (N) foi padronizada para 20 cm³, com o intuito de facilitar a comparação da densidade de carapaças entre as amostras.

Nas 19 amostras pertencentes a área B foram triados um total de 5.511 carapaças de foraminíferos pertencentes a 30 táxons (7 gêneros e 23 espécies). As carapaças identificadas pertencem às classes Monothalamea (6 gêneros e 5 espécies), Textulariina (1 gênero e 16 espécies), Miliolida (1 espécie) e Tubothalamea (1 espécie). Não foram encontrados foraminíferos calcários, sendo as associações formadas exclusivamente por foraminíferos com carapaças aglutinantes e orgânicas.

Dentre os foraminíferos da classe Monothalamea estão presentes os pertencentes às ordens 1) Astrorhizida (dotados de carapaças aglutinantes, *e.g.*, *Lagenammia* sp. e *Psammosphaera fusca*) e 2) Allogromiida (carapaças orgânicas, *e.g.*, *Allogromia ovoidea* e *Allogromia*). Os foraminíferos monotalâmicos com carapaça orgânica (allogromídeos) são abundantes em todas as amostras da área B. Exemplares das principais espécies monotalâmicas (ordens Astrorhizida e Allogromiida) identificadas estão representadas na figura 23.

A partir da figura 24, constata-se que a densidade de foraminíferos variou de 172 a 471 indivíduos/20cm³. A amostra B3 foi a que apresentou o menor valor de densidade (172 indivíduos/20cm³) e a B10 o maior valor (472 indivíduos/20cm³). A riqueza de espécies variou de 9 a 16 espécies, sendo as amostras B4, B18 e B19 mais ricas e B2 e B6 mais

pobres em termos de espécies. Seus respectivos valores de abundância relativa estão apresentados nos apêndices A e B.

Figura 23 –Foraminíferos monotálâmicos da Ilha de Marambio. 1. *Allogromia ovoidea* (500 μm); 2. Allogromídio tipo 2 (500 μm); 3. Allogromídio tipo 1 (500 μm); 4. *Gloiogullmia* sp. (500 μm); 5. *Psammosphaga magnetica* (500 μm); 6. *Psammosphaga crystallifera* (500 μm); 7. *Phainogullmia* sp. (500 μm); 8. “Mudball” (500 μm); 9. *Armoredella* cf. *sphaerica* (500 μm); 10. *Psammospaera fusca* (500 μm); 11. *Thurammina* sp. (500 μm); 12. *Lagenammina* sp. (500 μm).

Figura 24 - Densidade de foraminíferos em 20cm³ das amostras da área B da Ilha de Marambio.

A densidade e distribuição dos táxons apresentou diferença entre as frações de 250 μm e 63 μm em todas as amostras (apêndices A e B) na fração de 250 μm foram triados um total de 523 carapaças de foraminíferos, enquanto que na fração de 63 μm foram triadas 4.860. Em relação a distribuição das espécies, na fração de 250 μm a maior parte dos foraminíferos são monotalâmicos e multiloculares aglutinantes (*Portatrochammina eltaninae*, *Psammosphaera fusca* e *Lagenammina* sp.). Já os foraminíferos monotalâmicos com carapaça orgânica allogromídeos e *Psammosphaga magnetica* foram encontrados em sua maioria na fração de 63 μm (figura 25).

Figura 25 - Total de indivíduos em 20cm³ de sedimento nas frações de 63 µm e 250 µm e porcentagem de indivíduos com carapaça orgânica e aglutinante nas frações de 63 µm e 250 µm das amostras pertencentes a área B da Ilha de Marambio.

A diversidade e distribuição de espécies variou entre as amostras, sendo *Allogromia ovoidea*, *Allogromia* spp., *Lagenammia* sp., “Mudballs”, *Portatrochammina eltaninae*, *Psammosphaera fusca* e *Psammosphaga magnetica* as espécies que ocorrem com maior frequência. Mesmo sendo frequentes, a abundância dessas espécies variou entre as amostras. As amostras que apresentaram dominância de *Allogromia ovoidea* e *Allogromia* spp. foram B3 (57,94 %), B4 (89,98 %), B15 (56,19 %) e B18 (56 %). “Mudballs” foram dominantes nas amostras B9 (33,48 %) e B13 (28,39 %). Já *Lagenammia* sp., *Portatrochammina eltaninae* e *Psammosphaera fusca* foram as espécies dominantes nas amostras B6 (36,33 %) e B9 (33,03 %) e *Psammosphaga magnetica* nas amostras B8 (30,16 %), B11 (27,69 %) e B14 (30,08 %). Algumas espécies raras com frequência relativa <3% ocorrem em todas as amostras, como é o caso de *Cyclammia pusilla* e *Pseudobolivina antarctica* (apêndice C).

Os valores de dominância Simpson (1-D) variaram entre 0,63 a 0,86, sendo menor valor observado em B4 (0,63) e os maiores em B6 (0,86) e B12 (0,86) (tabela 18 e figura 26). Em grande parte das amostras, os valores de Simpson estão acima de 0,70, indicando maior diversidade de espécies com pouca dominância, com exceção da amostra B4, que apresenta dominância das espécies *Allogromia ovoidea* e *Allogromia* spp. que juntas representam 84,38% do total de foraminíferos encontrados na amostra.

Tabela 18 - Valores dos índices de dominância de Simpson (1-D), diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitatividade (E) das amostras da área B da região da Ilha de Marambio.

Amostras	(1-D)	H'	E
B1	0,79	1,93	0,71
B2	0,84	2,16	0,78
B3	0,85	2,10	0,79
B4	0,63	1,22	0,56
B5	0,76	1,70	0,74
B6	0,86	2,17	0,78
B7	0,83	1,96	0,85
B8	0,85	2,17	0,82
B9	0,75	1,59	0,72
B10	0,70	1,64	0,64
B11	0,81	1,91	0,74
B12	0,86	2,20	0,83
B13	0,81	1,83	0,76
B14	0,79	1,82	0,69
B15	0,70	1,66	0,65
B16	0,79	1,81	0,73
B17	0,82	1,93	0,71
B18	0,76	1,65	0,75
B19	0,74	1,59	0,72

O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), por ser mais sensível a espécies raras apresentou uma maior variação entre as amostras, variando de 1,22 a 2,20. Assim como o índice de dominância de Simpson, a amostra B4 foi a que apresentou menor valor de H' (1,22). As amostras B2, B3 e B12 (2,06; 2,10; 2,20 respectivamente) apresentaram os maiores valores de H', indicando maior diversidade de espécies (tabela 18 e figura 26).

A equitatividade apresentou valores entre 0,56 e 0,85. A uniformidade da distribuição das espécies mostrou-se alta em grande parte das amostras (valores >0,70), com exceção das amostras B4 (0,56), B10 (0,64), B14 (0,69) e B15 (0,65), sendo a amostra B10 dominada por “Mudballs” (19,53 %) e *Psammosphaga magnetica* (49,04 %). A amostra B14 é dominada por *Allogromia ovoidea* (25,56) e *Psammosphaga magnetica* (30,08 %) e amostra B15 somente por *Allogromia ovoidea* (50,48 %) (tabela 18 e figura 26).

Figura 26 - Índice de Simpson (1-D), índice de Shannon-Wiener (H') e equitatividade (E) das amostras da área B da Ilha de Marambio

4.1.5.2 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento foi realizada em modo Q, baseado na similaridade de Bray-Curtis que agrupa as amostras conforme a diferença de abundância das espécies. A partir do dendrograma foi possível reconhecer 4 grupos formados em função da estrutura das associações de foraminíferos das amostras, no nível de corte de 0,500 em similaridade (figura 27).

Figura 27 - Dendrograma baseado na similaridade de Bray-Curtis (com nível de corte indicado pela linha vermelha) das amostras da área B da Ilha de Marambio.

O primeiro grupo (G1) formado apenas pela amostra B4 apresenta dominância de 84,38 % de allogromídeos (*Allogromia ovoidea* e allogromídeos indeterminados), densidade alta (429 indivíduos) e baixa riqueza de espécies (9 espécies). Os índices de diversidade mostram dominância e baixa homogeneidade na distribuição de espécies, vale

ressaltar que os valores de CaCO_3 é um dos mais altos (10,1 %), quando comparados as outras amostras (tabela 19).

Tabela 19 - Valores médios e seus respectivos desvios padrão de CaCO_3 , densidade de foraminíferos por 20 cm^3 de sedimento, riqueza de espécies, índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade e espécies dominantes dos grupos identificados no dendrograma das amostras da área B da Ilha de Marambio.

Grupo	CaCO_3 (%)	Densidade (20 cm^3)	Riqueza	(1-D)	H'	Equitatividade	Espécies Dominantes
G1	10,1	429	9	0,63	1,22	0,56	<i>Allogromia ovoidea</i> e Allogromídeos indeterminados
G2	$7,6 \pm 1,48$	$164 \pm 54,15$	13 ± 3	$0,84 \pm 0,01$	$2,07 \pm 0,10$	$0,80 \pm 0,04$	<i>Allogromia ovoidea</i> e <i>Psammosphaera fusca</i>
G3a	$7,92 \pm 2,83$	327 ± 51	13 ± 2	$0,77 \pm 0,04$	$1,81 \pm 0,13$	$0,70 \pm 0,04$	<i>Allogromia ovoidea</i> e <i>Psammosphaga magnetica</i>
G3b	$9,68 \pm 3,32$	307 ± 98	10 ± 2	$0,75 \pm 0,04$	$1,69 \pm 0,12$	$0,71 \pm 0,05$	“Mudballs” e <i>Allogromia ovoidea</i>
G3c	$7,77 \pm 1,45$	262 ± 67	14 ± 1	$0,85 \pm 0,01$	$2,17 \pm 0,02$	$0,81 \pm 0,03$	<i>Portatrochammina eltaninae</i> e <i>Psammosphaga magnetica</i>
G4	3,2	172	10	0,76	1,70	0,74	Allogromídeos tipo 1

O grupo G2 é formado pelas amostras B2, B3 e B7. As espécies mais representativas nesse grupo são *Allogromia ovoidea* e *Psammosphaera fusca*. A densidade de foraminíferos nesse grupo é baixa (média: 164 indivíduos), porém a riqueza de espécies é alta (13 espécies). Os índices de diversidade indicam alta diversidade de espécies (1-D: 0,84 e H': 2,07) e distribuição homogênea das abundâncias (E: 0,80) (tabela 19 e figura 28).

O terceiro grupo (G3) foi subdividido em 3 grupos (G3a, G3b e G3c), sendo o maior, mais diverso e homogêneo. O grupo G3a é formado pelas amostras B1, B11, B14, B15, B17 e B18, é dominado pelas espécies *Allogromia ovoidea* e *Psammosphaga magnetica* que juntas representam 75 % da associação de foraminíferos, com alta densidade e diversidade de espécies. O grupo G3b representado pelas amostras B9, B10, B13 B16 e B19, é dominado por “Mudballs” e *Allogromia ovoidea*. Os índices de diversidade desse grupo são os mais baixos do grupo G3 (1-D: 0,75 e H': 1,69), porém ainda considerados altos quando comparado aos demais grupos. O grupo G3c, formado pelas amostras B6, B8 e B12, é o

menor subgrupo e o único que não apresenta dominância de *Allogromia* spp., sendo representado por *Portatrochammina eltaninae* e *Psammosphaga magnetica* (tabela 19 e figura 28).

O quarto grupo (G4) formado apenas pela amostra B5 é dominado por allogromídeos tipo 1, apresenta baixa densidade e riqueza, porém os índices de diversidade e equitatividade permanecem altos. A concentração de CaCO_3 é a mais baixa de todas as amostras da área B (tabela 19 e figura 28).

Figura 28 - Distribuição dos grupos gerados pela análise de agrupamento das amostras da área B da Ilha de Marambio.

4.1.5.3 Análises estatísticas multivariadas

As variáveis abióticas utilizadas para construção das matrizes abióticas foram porcentagem areia, porcentagem lama, profundidade, oxigênio dissolvido, porcentagem de CaCO_3 , C_{org} e as concentrações de elementos maiores e traço. Como os valores de temperatura, pH, condutividade, N_{total} e S_{total} , não apresentaram variações significativas entre as amostras, não foram utilizados para as análises.

Nos dados de frequência da meiofauna (foraminíferos) foram consideradas as espécies com frequência relativa $>3\%$, sendo elas: *Allogromia ovoidea*, Allogromídeos indeterminado, allogromídeos tipo 1, *Armurella* cf. *sphaerica*, Indeterminado sp1., *Lagenammmina* sp., “Mudballs”, *Portatrochammina eltaninae*, *Psammosphaera fusca* e *Psammosphaera magnetica*. As espécies que não foram utilizadas nas análises estatísticas encontram-se no apêndice C.

4.1.5.4 Correlação de Spearman

A tabela com as correlações de Spearman encontra-se no apêndice D. Os resultados da correlação de Spearman mostraram várias correlações positivas e significativas entre os elementos maiores e traço: 1) Al apresentou correlações com Fe, Hg, Pb, Sc e Zn; 2) Ca apresentou correlações com Mn; 3) Fe com Mn, Sc e Zn; 4) Hg com Zn; 5) K com Pb e Zn; 6) Mg com Mn e 7) Sc e Pb com Zn. Esses resultados mostram a interação entre as concentrações dos elementos maiores e traço, indicando quais elementos coexistem em concentrações elevadas em uma mesma amostra. Por exemplo em amostras nas quais a concentração de Al é elevada, as concentrações de Fe, Hg, Pb, Sc e Zn também são (amostra B10). Nos resultados da correlação de Spearman não foram encontradas correlações negativas.

As únicas correlações positivas e significativas entre variáveis abióticas e bióticas foram as ocorridas entre *Lagenammmina* sp., Mn e Fe, (e.g., amostras B13). *Psammosphaera fusca* apresentou correlação negativa forte com *Lagenammmina* sp. (-0.85).

4.1.5.5 Análise de Componentes Principais (ACP)

Para as amostras da área B da Ilha de Marambio o primeiro componente principal (PC) gerado pela ACP (eixo X) explica 37,59 % da variância dos dados. O *loading* (cargas) das variáveis indicou *Psammosphaera fusca* como a mais representativa e associada ao eixo X. Já o segundo PC (eixo Y) explica 14,96 % da variância entre os dados e o *loading* das

variáveis indica que os teores de lama, CaCO_3 e C_{org} são as mais representativas e estão associadas ao eixo Y (tabela 20).

Tabela 20 - Fatores de carga das variáveis % de lama (lama), % areia (areia), profundidade, oxigênio dissolvido, % CaCO_3 , C_{org} (COT), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), Allogromia ovoídea (Ao), Allogromídeos indeterminados (Ai), Allogromídeos tipo 1 (Al), *Armoredella cf. sphaerica* (Ar), Indeterminados sp1 (Il), *Lagenammina* sp. (La), Mudballs (Mu), *Portatrochammina eltaninae* (Pe), *Psammospaera fusca* (Pf) e *Psammospaga magnetica* (Pm) para PC1 e PC2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para as amostras da área B da Ilha de Marambio. Em destaque cargas > 0,50.

Variáveis	PC1	PC2
Lama	0,15	0,82
Areia	-0,26	-0,77
Profundidade	0,41	-0,12
Oxigênio dissolvido	0,21	-0,04
CaCO_3	0,00	0,78
COT	0,09	0,87
Al	-0,94	-0,01
As	-0,65	0,48
Ca	-0,72	0,28
Cd	-0,34	-0,44
Cu	-0,89	-0,08
Fe	-0,98	0,04
Hg	-0,88	0,06
K	-0,69	0,29
Mg	-0,90	0,10
Mn	-0,93	-0,03
Ni	-0,82	-0,30
Pb	-0,90	0,06
Sc	-0,97	0,10
Ti	0,07	-0,55
Zn	-0,95	-0,07
N	-0,21	0,58
S	0,41	0,44
Ao	-0,12	0,10
Ai	0,41	0,08
Al	-0,11	-0,20
Ar	0,05	0,10
Il	0,29	0,47
La	-0,67	0,06
Mu	-0,12	0,59
Pe	0,49	0,29

Com a ACP podemos observar três grupos de variáveis. O primeiro grupo (destacado em verde na figura 18) sugere que grande parte das espécies de foraminíferos estão relacionadas à porcentagem de lama e variáveis físico-químicas como: profundidade, oxigênio dissolvido, porcentagem de CaCO_3 e carbono orgânico total (COT). O segundo grupo (destacado em laranja da figura 18) sugere que allogromídeos tipo 1 estão relacionados à % de areia e às concentrações de Cd e Ti. O terceiro grupo (destacado em

vermelho na figura 18) sugere que *Lagenammia* sp. obteve relação com as concentrações de grande parte dos elementos maiores e traço (figura 29).

Figura 29 - Análise de Componentes Principais (ACP) de % lama (Lama), % areia (Areia), profundidade, oxigênio dissolvido, % de CaCO_3 , carbono orgânico total (COT), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), Allogromia ovoidea (Ao), Allogromídios indeterminados (Ai), Allogromídios tipo 1 (A1), *Armoredella* cf. *sphaerica* (Ar), Indeterminados sp1 (I1), *Lagenammia* sp. (La), Mudballs (Mu), *Portatrochammia eltaninae* (Pe), *Psammospaera fusca* (Pf) e *Psammospaera magnetica* (Pm) para as amostras da área B da Ilha de Marambio.

4.2 Passagem do Drake– OPERANTAR XXXI (2013)

Os resultados referentes a OPERANTAR XXXI (2013) serão apresentados primeiramente de forma separada (DR1 → DR2 → DR3 → DR4 → DR5). Ao final será apresentada uma síntese dos testemunhos, onde será feita uma análise de agrupamento entre todas as amostras, além de uma análise multivariada entre as variáveis abióticas e bióticas dos cinco testemunhos.

4.2.1 Parâmetros físico-químicos (profundidade e salinidade)

A profundidade da coluna d'água dos testemunhos coletados no Drake variou de 472 a 492 m. A salinidade da água de fundo não apresentou variação entre si, tendo valores em torno de 26 (tabela 21). Os dados de temperatura, pH, e oxigênio dissolvido não foram coletados devido a problemas com a sonda multiparamétrica no momento da coleta.

Tabela 21 - Profundidade e salinidade dos testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTARXXXI.

Testemunho	Profundidade (m)	Salinidade (‰)
DR1	490	26,2
DR2	492	26,3
DR3	483	26,1
DR4	472	26,2
DR5	486	26,4

4.2.2 Teores de CaCO₃ e granulometria

As porcentagens de carbonato de cálcio das amostras dos cinco testemunhos variaram de 4,19 a 10,71 %, indicando predomínio de sedimento litoclástico (figura 30 e tabela 22)

Tabela 22 - Valores das concentrações de CaCO₃ do sedimento coletado na Passagem do Drake durante a OPERANTARXXXI e sua classificação segundo Larssonneur (1982).

Amostra	DR1		DR2		DR3		DR4		DR5	
	CaCO ₃ (%)	Classificação Larssonneur (1982)	CaCO ₃ (%)	Classificação Larssonneur (1982)	CaCO ₃ (%)	Classificação Larssonneur (1982)	CaCO ₃ (%)	Classificação Larssonneur (1982)	CaCO ₃ (%)	Classificação Larssonneur (1982)
Recente	9,70	Litoclástico	8,53	Litoclástico	6,85	Litoclástico	7,28	Litoclástico	7,64	Litoclástico
0 - 2 cm	9,70	Litoclástico	6,02	Litoclástico	6,85	Litoclástico	7,79	Litoclástico	7,01	Litoclástico
2 - 4 cm	10,71	Litoclástico	9,31	Litoclástico	5,68	Litoclástico	7,67	Litoclástico	5,46	Litoclástico
4 - 6 cm	4,19	Litoclástico	7,58	Litoclástico	8,00	Litoclástico	6,87	Litoclástico	6,78	Litoclástico
6 - 8 cm	9,81	Litoclástico	7,31	Litoclástico	8,00	Litoclástico	7,55	Litoclástico	6,51	Litoclástico
8 - 10 cm	8,08	Litoclástico								
10 - 12 cm	8,78	Litoclástico								

Figura 30 - Valores da concentração de CaCO_3 no sedimento (%) das amostras pertencentes aos 5 testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

DR1

O testemunho DR1 é constituído por 12 cm de sedimentos arenolamosos cinza escuros, litoclásticos (figura 31 e tabela 22). Da base do testemunho à profundidade de 10 cm, há aumento significativo de grânulos (19,55 %) que tendem a diminuir rumo ao topo. De 10 a 4cm de profundidade, os teores de silte aumentam, passando ocorrer areia siltica. De 4 cm de profundidade ao topo, os teores de silte e argila diminuem e os de areia aumentam. Os sedimentos são mal selecionados, ao longo de todo o testemunho (tabela 23).

DR2

O testemunho DR2 apresenta 8 cm de sedimentos arenolamosos cinza escuros, litoclásticos. A base, constituída por areia siltica, é marcada pela abundância de grânulos, que tendem a diminuir progressivamente rumo ao topo. De 6 a 4 cm de profundidade, constata-se granocrescência, passando ocorrer areia. De 4 cm ao topo, volta a ocorrer areia siltica (figura 31 e tabela 23). Assim como no testemunho DR1, o sedimento de todas as amostras do testemunho DR2 é mal selecionado (tabela 23).

Figura 31 - Distribuição granulométrica das porcentagens de grânulos, areia e lama dos testemunhos coletados durante a OPERANTAR XXXI na Passagem do Drake.

Tabela 23 - Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes a passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Amostra	Grânulos (%)	Areia (%)					Lama (%)		Classificação de Shepard (1954)	Grau de seleção Folk e Ward, 1957
		Mto. Grossa	Grossa	Média	Fina	Mto. Fina	Silte	Argila		
DR1 Recente	9,22	10,28	9,77	16,18	25,15	12,19	10,42	6,79	Areia	Mal selecionado
DR1 0 - 2 cm	9,22	10,28	9,77	16,18	25,15	12,19	10,42	6,79	Areia	Mal selecionado
DR1 2 - 4 cm	5,21	6,69	6,56	12,66	26,10	16,98	15,66	10,15	Areia	Mal selecionado
DR1 4 - 6 cm	6,97	4,65	6,68	12,73	23,48	20,44	15,72	9,33	Areia Siltica	Mal selecionado
DR1 6 - 8 cm	9,69	8,36	5,78	17,41	23,82	17,37	10,07	7,50	Areia Siltica	Mal selecionado
DR1 8 - 10 cm	19,55	5,75	2,27	9,67	26,99	14,29	12,41	9,07	Areia Siltica	Mal selecionado
DR1 10 - 12 cm	10,87	4,65	5,58	12,80	36,90	9,23	12,28	7,68	Areia	Mal selecionado
DR2 Recente	3,15	4,72	18,63	20,48	20,38	13,67	11,75	7,21	Areia	Mal selecionado
DR2 0 - 2 cm	3,46	6,12	16,97	18,93	16,39	13,45	13,36	11,32	Areia Siltica	Mal selecionado
DR2 2 - 4 cm	3,72	6,67	16,17	23,76	19,32	15,92	7,44	6,99	Areia	Mal selecionado
DR2 4 - 6 cm	4,80	4,71	8,80	22,73	29,38	12,95	9,82	6,80	Areia	Mal selecionado
DR2 6 - 8 cm	10,49	8,01	12,76	13,44	16,63	12,75	15,67	10,24	Areia Siltica	Mal selecionado
DR3 Recente	2,68	4,38	9,80	22,62	27,59	12,60	11,36	8,95	Areia	Mal selecionado
DR3 0 - 2 cm	2,68	4,38	9,80	22,62	27,59	12,60	11,36	8,95	Areia	Mal selecionado
DR3 2 - 4 cm	3,46	8,79	13,56	17,68	21,47	15,71	12,35	6,99	Areia	Mal selecionado
DR3 4 - 6 cm	3,55	5,42	11,03	23,40	27,23	12,03	9,83	7,50	Areia	Mal selecionado
DR3 6 - 8 cm	3,55	5,42	11,03	23,40	27,23	12,03	9,83	7,50	Areia	Mal selecionado
DR4 Recente	9,70	8,30	17,28	20,27	22,19	6,26	8,68	7,33	Areia	Mal selecionado
DR4 0 - 2 cm	7,45	9,23	16,02	21,97	21,38	8,01	8,22	7,73	Areia	Mal selecionado
DR4 2 - 4 cm	9,61	9,58	18,02	18,60	17,98	8,23	10,51	7,46	Areia	Mal selecionado
DR4 4 - 6 cm	1,83	6,02	9,47	22,08	27,08	13,11	11,08	9,34	Areia	Mal selecionado
DR4 6 - 8 cm	10,01	9,54	15,70	16,91	18,33	9,07	10,96	9,48	Areia	Mal selecionado
DR5 Recente	4,85	8,16	10,50	15,92	24,95	15,93	10,31	9,39	Areia	Mal selecionado
DR5 0 - 2 cm	3,77	6,53	13,36	16,65	23,19	14,81	11,54	10,15	Areia	Mal selecionado
DR5 2 - 4 cm	9,00	6,74	10,51	13,74	20,32	18,34	11,98	9,38	Areia	Mal selecionado
DR5 4 - 6 cm	31,65	6,29	6,73	12,15	13,72	13,38	9,21	6,88	Areia	Moderadamente Selecionado
DR5 6 - 8 cm	23,30	8,98	7,43	12,75	14,99	15,04	9,90	7,59	Areia	Moderadamente Selecionado

DR3

O testemunho DR3, de 8 cm de profundidade, é composto essencialmente por de areia cinza clara, litoclástica (tabela 22). Por todo o testemunho há predomínio das classes de areia média, fina e muito fina. O teor de lama tende a aumentar em direção ao topo do testemunho, porém não apresenta grande variação entre as amostras, oscilando entre 17,33 e 20,32 % (base e topo respectivamente). A porcentagem de grânulos também é baixa, diminuindo em direção ao topo do testemunho (figura 31 e tabela 23).

DR4

O testemunho DR4, de 8 cm de profundidade, é composto por sedimento arenosos litoclásticos, com predominância das frações areia grossa, média e fina (tabela 23). Da base ao topo, os teores de lama tendem a diminuir. As maiores porcentagens de grânulos são observadas na base, no intervalo 2-4 cm e na camada superficial (figura 31).

DR5

O sedimento das amostras do testemunho DR5 é constituído por 8 cm de areia litoclástica, com predomínio das classes de areia fina e muito fina (tabela 23). Diferentemente dos demais testemunhos, os teores de areia e lama tendem a aumentar em direção ao topo do testemunho. Isso se deve ao fato que as amostras basais apresentam grande quantidade de grânulos, na amostra 4 – 6 cm os grânulos representam 31,65 %. Já a amostra 6 – 8 cm os grânulos somam total de 23,30% da distribuição granulométrica (figura 31 e tabela 23).

4.2.3 elementos maiores e traço

Os resultados de elementos maiores e traço dos 5 testemunhos coletados da passagem de Drake durante a OPERANTAR XXXI estão apresentados na tabela 24.

DR1

As concentrações dos elementos maiores e traço variaram da seguinte forma: Al de 1,67 a 1,80 %; As de 1,8 a 2,2 mg kg⁻¹; Ca de 0,89 a 0,95 %; Cd de 0,03 a 0,24 mg kg⁻¹; Cu de 17,02 a 21,69 mg kg⁻¹; Fe de 2,63 a 2,90 %; Hg de 0,019 a 0,026 mg kg⁻¹; K de 0,29 a 0,32 %; Mg de 0,73 a 0,76 %; Mn de 276 a 306 mg kg⁻¹; Ni de 11,7 a 13,8 mg kg⁻¹; Pb de 4,4,89 a 6,64 mg kg⁻¹; Sc de 4,7 a 5,0 mg kg⁻¹; Ti de 0,145 a 0,161 % e Zn de 51,1 a 57,0 mg kg⁻¹.

De um modo geral, a maior parte dos elementos maiores e traço do testemunho DR1 diminuíram suas concentrações da base rumo ao topo, exceto as concentrações de Fe e Hg que aumentaram suas concentrações nas amostras mais recentes. Alguns elementos apresentaram oscilação das concentrações ao longo do testemunho, como por exemplo, as concentrações de As que foram menores na porção intermediária do testemunho e maiores nas amostras Recente, 0 – 2 cm e 10 – 12 cm (figuras 32 e 33).

As concentrações de K foram maiores nas amostras 8 – 10 cm e 10 – 12 cm e mantiveram o mesmo valor (0,290 %) em direção ao topo do testemunho. Mg e Mn apresentaram variação em todas as amostras (figuras 32 e 33).

Tabela 24 - Concentração de elementos maiores e traço dos testemunhos coletados na passagem do Drake (OPERANTAR XXXI). Em negrito as maiores concentrações dos elementos entre cada testemunho.

Amostra	Alumínio Al (%)	Arsênio As (mg kg ⁻¹)	Cálcio Ca (%)	Cádmio Cd (mg kg ⁻¹)	Cobre Cu (mg kg ⁻¹)	Ferro Fe (%)	Mercúrio Hg (mg kg ⁻¹)	Potássio K (%)	Magnésio Mg (%)	Manganês Mn (mg kg ⁻¹)	Níquel Ni (mg Kg ⁻¹)	Chumbo Pb (mg kg ⁻¹)	Escândio Sc (mg kg ⁻¹)	Titânio Ti (%)	Zinco Zn (mg kg ⁻¹)
Média DR1	1,72 ± 0,04	1,98 ± 0,2	0,9 ± 0,02	0,09 ± 0,08	18,7 ± 1,68	2,81 ± 0,09	0,022 ± 0,002	0,29 ± 0,01	0,74 ± 0,01	291 ± 13,5	12,6 ± 0,65	4,69 ± 0,17	4,74 ± 0,13	0,15 ± 0,01	54 ± 2,17
DR1 Recente	1,67	2,2	0,90	0,03	17,43	2,90	0,022	0,29	0,74	306	12,5	4,66	4,7	0,145	51,1
DR1 0-2 cm	1,67	2,2	0,90	0,03	17,43	2,90	0,022	0,29	0,74	306	12,5	4,66	4,7	0,145	51,1
DR1 2-4 cm	1,72	1,8	0,89	0,05	17,02	2,85	0,026	0,29	0,74	276	12,9	4,57	4,7	0,146	55,0
DR1 4-6 cm	1,74	1,9	0,92	0,05	18,45	2,82	0,019	0,29	0,73	286	11,7	4,54	4,7	0,150	54,4
DR1 6-8 cm	1,73	1,8	0,90	0,10	19,61	2,81	0,024	0,29	0,75	285	12,2	4,57	4,6	0,152	54,7
DR1 8-10 cm	1,71	1,8	0,91	0,15	19,79	2,63	0,022	0,29	0,73	277	12,8	4,93	4,8	0,151	54,9
DR1 10-12 cm	1,80	2,2	0,95	0,24	21,69	2,77	0,019	0,32	0,76	304	13,8	4,92	5,0	0,161	57,0
Média DR2	1,84 ± 0,25	2,26 ± 0,48	0,97 ± 0,14	0,04 ± 0,01	22,9 ± 5,02	2,96 ± 0,23	0,025 ± 0,007	0,27 ± 0,04	0,85 ± 0,2	368 ± 57,6	17,2 ± 8,48	5,64 ± 0,68	4,72 ± 0,61	0,15 ± 0,02	57,5 ± 4,7
DR2 Recente	1,80	1,9	0,96	0,06	20,22	2,78	0,028	0,26	0,74	345	12,0	4,99	4,8	0,151	52,9
DR2 0-2 cm	1,65	2,2	0,86	0,04	20,47	2,77	0,033	0,25	0,70	331	11,5	5,05	4,4	0,140	54,3
DR2 2-4 cm	1,84	3,0	0,90	0,04	24,96	3,11	0,013	0,34	0,90	375	18,7	6,64	4,1	0,198	57,0
DR2 4-6 cm	1,66	2,4	0,93	0,04	18,18	2,85	0,028	0,27	0,75	326	12,6	5,61	4,6	0,151	58,5
DR2 6-8 cm	2,26	1,8	1,22	0,06	30,71	3,29	0,023	0,25	1,19	466	31,5	5,93	5,7	0,151	65,0
Média DR3	1,72 ± 0,08	2,24 ± 0,22	0,94 ± 0,02	0,03 ± 0,01	19,7 ± 0,2	2,92 ± 0,11	0,025 ± 0,002	0,27 ± 0,03	0,75 ± 0,01	327 ± 29,5	12,5 ± 0,74	5,4 ± 0,24	4,74 ± 0,11	0,15 ± 0,01	56,3 ± 1,1
DR3 Recente	1,78	2,4	0,96	0,05	19,96	2,95	0,029	0,27	0,75	357	13,4	5,33	4,9	0,160	55,1
DR3 0-2 cm	1,78	2,4	0,96	0,05	19,95	2,94	0,028	0,25	0,75	356	13,3	5,34	4,8	0,161	55,2
DR3 2-4 cm	1,59	2,4	0,90	0,03	19,76	2,74	0,023	0,26	0,74	327	11,8	5,08	4,7	0,144	57,7
DR3 4-6 cm	1,73	2,0	0,94	0,03	19,57	3,00	0,024	0,30	0,76	297	12,1	5,65	4,7	0,159	56,7
DR3 6-8 cm	1,73	2,0	0,94	0,03	19,56	3,01	0,023	0,31	0,77	298	12,2	5,64	4,6	0,160	56,8
Média DR4	1,74 ± 0,09	2,48 ± 0,19	0,91 ± 0,04	0,03 ± 0,01	20,6 ± 1,13	2,99 ± 0,08	0,021 ± 0,002	0,27 ± 0,01	0,76 ± 0,02	326 ± 23	12,7 ± 1,23	5,89 ± 0,16	4,58 ± 0,15	0,15 ± 0,01	55,9 ± 3
DR4 Recente	1,76	2,8	0,97	0,04	20,82	3,03	0,024	0,28	0,76	359	12,8	5,79	4,8	0,162	60,8
DR4 0-2 cm	1,75	2,5	0,92	0,02	19,62	2,98	0,021	0,28	0,75	336	12,0	6,09	4,5	0,147	56,1
DR4 2-4 cm	1,75	2,4	0,92	0,04	20,33	2,96	0,021	0,27	0,74	307	12,2	5,79	4,6	0,156	54,5
DR4 4-6 cm	1,59	2,3	0,88	0,03	20,12	2,90	0,024	0,27	0,78	302	12,0	5,74	4,6	0,146	55,7
DR4 6-8 cm	1,85	2,4	0,88	0,03	22,57	3,10	0,018	0,26	0,80	329	14,9	6,05	4,4	0,165	52,4
Média DR5	1,67 ± 0,1	2,04 ± 0,23	0,86 ± 0,06	0,04 ± 0,02	20,5 ± 0,69	2,86 ± 0,08	0,027 ± 0,004	0,27 ± 0,01	0,76 ± 0,05	316 ± 34,9	12,9 ± 0,71	5,01 ± 0,25	4,6 ± 0,29	0,14 ± 0,01	55,6 ± 2,9
DR5 Recente	1,80	2,3	0,94	0,03	21,39	2,93	0,029	0,27	0,83	363	13,7	5,21	5,1	0,146	58,3
DR5 0-2 cm	1,70	2,0	0,87	0,04	20,25	2,87	0,027	0,28	0,76	344	12,6	4,80	4,4	0,146	53,5
DR5 2-4 cm	1,57	2,0	0,81	0,03	19,53	2,73	0,034	0,26	0,70	289	12,3	4,83	4,4	0,138	57,5
DR5 4-6 cm	1,73	1,7	0,90	0,05	20,71	2,88	0,021	0,27	0,75	300	12,5	4,89	4,5	0,154	57,1
DR5 6-8 cm	1,59	2,2	0,79	0,07	20,74	2,90	0,025	0,27	0,76	286	13,8	5,36	4,6	0,131	51,6

Figura 32 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR1 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg⁻¹ e % (porcentagem).

Figura 33 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR1 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg⁻¹ e % (porcentagem).

DR2

A variação das concentrações dos elementos maiores e traço do testemunho DR2 são: Al de 1,65 a 2,26 %; As de 1,8 a 3,0 mg kg⁻¹; Ca de 0,89 a 0,95 %; Cd de 0,04 a 0,06 mg kg⁻¹; Cu de 18,18 a 30,71 mg kg⁻¹; Fe de 2,78 a 3,29 mg kg⁻¹; Hg de 0,013 a 0,028 mg kg⁻¹; K de 0,25 a 0,34 %; Mg de 0,70 a 1,19 %; Mn de 326 a 466 mg kg⁻¹; Ni de 11,5 a 31,5 mg kg⁻¹; Pb de 4,99 a 6,64 mg kg⁻¹; Sc de 4,1 a 5,7 mg kg⁻¹; Ti de 0,140 a 0,198 % e Zn de 52,9 a 65,0 mg kg⁻¹ (tabela 24 e figuras 34 e 35).

Alguns elementos maiores e traço apresentaram um padrão de variação ao longo do testemunho, em geral elementos como Al, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc e Zn diminuem os valores de suas concentrações da base ao topo do testemunho. Alguns elementos tiveram maiores ou menores valores de concentração na porção intermediária do testemunho. Como

no caso de As, K e Ti, que aumentam as concentrações nas amostras 4 – 6 cm, 2 – 4 cm, 0 – 2 cm (figuras 34 e 35).

Figura 34 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR2 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

Figura 35 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR2 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

DR3

No testemunho DR3 as concentrações de elementos maiores e traço variaram da seguinte forma: Al de 1,59 a 1,78 %; As de 2,0 a 2,4 mg kg⁻¹; Ca de 0,9 a 0,96 %; Cd de 0,03 a 0,05 mg kg⁻¹; Cu de 19,57 a 19,96 mg kg⁻¹; Fe de 2,74 a 3,01 mg kg⁻¹; Hg de 0,023 a 0,029 mg kg⁻¹; K de 0,27 a 0,31 %; Mg de 0,74 a 0,77 %; Mn de 297 a 356 mg kg⁻¹; Ni de 11,8 a 13,4 mg kg⁻¹; Pb de 5,08 a 6,65 mg kg⁻¹; Sc de 4,7 a 4,9 mg kg⁻¹; Ti de 0,144 a 0,161 % e Zn de 55,1 a 56,8 mg kg⁻¹. As concentrações dos elementos maiores e traço em cada amostra do testemunho estão dispostas na tabela 24 e nas figuras 36 e 37.

As concentrações de elementos maiores e traço no testemunho DR3 foram as que apresentaram a menor variação entre as amostras. Porém, alguns elementos apresentaram aumento de concentração em direção ao topo do testemunho, é o caso de As, Cd, Hg, Mn e Ni. Outros elementos diminuíram os valores de concentração e direção ao topo do testemunho, como Cu, K, Mg, Pb e Zn. Já Al, Ca, Fe, e Ti, tiveram as menores concentrações nas amostras da porção intermediária do testemunho (figura 36 e 37)

Figura 36 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR3 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem)

Figura 37 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), (Ca), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR3 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

DR4

As concentrações de elementos maiores e traço do testemunho DR4 estão apresentados na tabela 24 e figura 12 e 13. As concentrações variaram da seguinte forma: Al de 1,75 a 1,85%; As de 2,3 a 2,8 mg kg^{-1} ; Ca de 0,88 a 0,97 %, Cd de 0,02 a 0,04 mg kg^{-1} ; Cu de 19,62 a 22,57 mg kg^{-1} ; Fe de 2,90 a 3,10 mg kg^{-1} ; Hg de 0,018 a 0,024 mg kg^{-1} ; K de 0,26 a 0,28 %; Mg de 0,74 a 0,80 %; Mn de 302 a 359 mg kg^{-1} ; Ni de 12 a 14,9 mg kg^{-1} ; Pb de 5,74 a 6,09 mg kg^{-1} ; Sc de 4,4 a 4,8 mg kg^{-1} ; Ti de 0,146 a 0,165 % e Zn de 52,4 a 60,8 mg kg^{-1} (tabela 24).

Da base ao topo do testemunho DR4 as concentrações de As, Ca, Cd, Mg, Mn, Ni, Sc e Zn aumentam. Já para Al, Cu, Fe, Hg, K e Pb diminuem em direção a porção recente. Ti foi o

único elemento que não apresentou padrão nos valores de concentração entre as amostras do testemunho DR4, as amostras Recente e 6 – 8 cm tiveram a maior concentração, já as amostras 0 – 2 cm e 4- 6 cm os valores de concentração mais baixos (figuras 38 e 39).

Figura 38 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), (Ca), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR4 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

Figura 39 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR4 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

DR5

A variação das concentrações dos elementos maiores e traço do testemunho DR5 são: Al de 1,57 a 1,80 %; As de 1,7 a 2,3 mg kg⁻¹; Ca de 0,79 a 0,94 %; Cd de 0,03 a 0,07 mg kg⁻¹; Cu de 19,53 a 21,39 mg kg⁻¹; Fe de 2,73 a 2,9 3 mg kg⁻¹; Hg de 0,021 a 0,034 mg kg⁻¹; K de 0,26 a 0,28 %; Mg de 0,75 a 0,83 %; Mn de 286 a 363 mg kg⁻¹; Ni de 12,3 a 13,8 mg kg⁻¹; Pb de 4,83 a 6,36 mg kg⁻¹; Sc de 4,4 a 5,1 mg kg⁻¹; Ti de 0,138 a 0,154 % e Zn de 51,1 a 68,3 mg kg⁻¹ (tabela 24 e figuras 40 e 41).

Figura 40 - Concentrações dos elementos manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), (Ca), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho DR5 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg⁻¹ e % (porcentagem).

Figura 41 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), mercúrio (Hg), potássio (K) e magnésio (Mg) das amostras pertencentes ao testemunho DR5 da passagem do Drake. Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

No testemunho DR5 os elementos maiores e traço que apresentaram aumento de suas concentrações em direção a porção recente foram Al, Ca, Hg, Mg, Mn, Sc, Ti e Zn. Somente Cd diminuiu sua concentração em direção ao topo do testemunho. Elementos como o As, Cu, Fe, Ni e Pb, tiveram suas concentrações mais elevadas nas amostras localizadas na porção intermediária do testemunho (figuras 40 e 41).

Em todos os 5 testemunhos coletados na região da passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI as concentrações de Cu e Pb diminuíram em direção ao topo do testemunho, apresentando maiores valores nas amostras basais. Os demais elementos maiores e traço apresentaram distribuição das concentrações diferentes entre os testemunhos (tabela 24).

4.2.4 Meiofauna (foraminíferos)

DR1

Em relação aos foraminíferos, foram triadas 2.368 carapaças e identificadas 74 espécies, sendo 53 aglutinantes e 21 calcárias (apêndices E e F). Algumas dessas espécies estão representadas nas Pranchas 1, 2, 3 e 4 no apêndice G. Indivíduos vivos só foram encontrados nas amostras Recente e de 0-2cm. De um modo geral, foram necessários apenas 10 cm³ de sedimento para que a contagem de carapaças atingisse 300 indivíduos, com exceção das amostras mais profundas (8–10 cm e 10–12 cm), nas quais foram necessários 20 cm³. Nesses dois intervalos, só foi possível obter 68 e 38 indivíduos, respectivamente. Da base para o topo do testemunho DR1, foram constatados aumentos expressivos e progressivos dos valores de abundância, densidade, riqueza, diversidade e equitatividade (tabela 25).

As espécies aglutinantes predominam ao longo de todo testemunho. As calcárias são escassas na base e aumentam progressivamente rumo ao topo, sendo particularmente mais abundantes nas amostras Recente e 0-2 cm. Neste último intervalo, *Epistominella exigua* é a espécie dominante, atingindo 20 % do total de todas as espécies (figura 42).

Tabela 25 – Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR1 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

DR1	N tanatocenose	N biocenose	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	1.060	248	54	1	0,95	3,42	0,85	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
0 - 2 cm	535	145	46	1	0,92	3,06	0,79	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>Epistominella exigua</i>
2 - 4 cm	1952	.	28	1	0,88	2,63	0,78	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
4 - 6 cm	404	.	27	1	0,88	2,60	0,79	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>L. lepida</i>
6 - 8 cm	281	.	19	1	0,86	2,27	0,77	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>L. lepida</i>
8 - 10 cm	136	.	13	1	0,61	1,46	0,57	<i>L. lepida</i>
10 - 12 cm	74	.	11	1	0,79	1,91	0,79	<i>L. lepida</i>

As espécies dominantes e que foram encontradas na maioria das amostras ao longo do DR1 são *Lepidoparatrochammina lepida*, *Deuterammina grisea*, *Adercotryma glomeratum*, *Cribr stomoides jeffreysii* (tabela 25). Essas espécies apresentaram padrões de distribuição diferentes, conforme sintetizado figura 42. De 12 cm a 8 cm de profundidade, *L. lepida* é a espécie mais abundante. A partir de 8 cm até 2 cm de profundidade, *D. grisea* torna-se dominante. No topo do testemunho (0-2 cm), *E. exigua* passa ser a espécie dominante, seguida por *D. grisea*. Na amostra Recente, que corresponde somente à camada superficial e oxidada do sedimento (0 cm), *D. grisea* e *Adercotryma glomeratum* são as mais abundantes (tabela 25).

Dentre o total de indivíduos coletados nas amostras Recente e 0–2 cm, foram triados um mínimo de 100 indivíduos vivos (corados com rosa de bengala) para a composição da biocenose. A maior diferença entre a tanatocenose e a biocenose é a densidade de carapaças coletadas em 20 cm³ de sedimento e a composição de espécie das associações.

Figura 42 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR1 (OPERANTAR XXXI).

A densidade de carapaças de foraminíferos que compõem a tanatocenose chega a representar praticamente o dobro da densidade de foraminíferos da biocenose, os valores padronizados para 20 cm³ de sedimento estão expressos na tabela 25. Além disso, a composição de espécies entre a tanatocenose e a biocenose também é diferente. Na tanatocenose as espécies dominantes são *Adercotryma glomeratum* e *Deuterammina grisea*, essas por sua vez espécies aglutinantes. Já na biocenose, a espécie dominante é *Epistominella exigua* que possui carapaça calcária (tabela 26). A figura 43 mostra a diferença na presença de espécies aglutinantes e calcárias ao longo do testemunho.

Os índices de diversidade não apresentam diferenças representativas entre a biocenose e a tanatocenose, pois o que difere é a composição de espécies e não a distribuição das abundâncias (apêndices E e F). Vale ressaltar que a riqueza de espécies é maior na tanatocenose (tabela 26).

Figura 43 - Riqueza de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Tabela 26 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Amostras		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécie dominante
DR1 Recente	Biocenose	248	29	1	0,93	3	0,89	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Epistominella exigua</i>
	Tanatocenose	1060	46	1	0,94	3,32	0,86	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
DR1 0 - 2 cm	Biocenose	145	22	1	0,8	2,28	0,73	<i>Epistominella exigua</i>
	Tanatocenose	535	35	1	0,92	2,96	0,83	<i>Cribratomoides jeffreysii</i> e <i>Deuterammina grisea</i>

A densidade de carapaças aumenta em direção a porção recente do testemunho, assim como a riqueza de espécies, principalmente as com carapaças calcárias. Os índices de diversidade apresentam valores progressivos em direção ao topo do testemunho (figura 44).

Figura 44 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR2

Foram identificados 4.409 indivíduos, pertencentes a 77 espécies, sendo 49 aglutinantes e 28 calcárias (apêndices E e F). Assim como o testemunho DR1, as espécies aglutinantes são dominantes ao longo de todo testemunho (figura 45) e as calcárias tendem a se concentrar nas amostras Recente (0 cm) e 0-2 cm. No tocante aos valores de densidade, somente no intervalo de 6-8 cm é que foi necessário utilizar 20 cm³ de sedimento para atingir 100 indivíduos. Nas demais amostras foram necessários apenas 10 cm³ de sedimento para que a contagem atingisse 300 indivíduos (tabela 27). Conforme se pode observar na tabela 27, exceto a amostra Recente, o N das amostras permaneceu com valores próximos a 300 carapaças. Os valores de densidade, riqueza e diversidade são mais baixos na base e aumentam progressivamente rumo a topo, sendo particularmente elevados na amostra Recente (0 cm).

Entre as 77 espécies identificadas, 16 são encontradas somente no testemunho DR2, *Bolivinellina pseudopuncata*, *Cassidulina teretis*, *Cymbaloporrreta* sp, *Eratidus foliaceus*, *Fissurina fimbriata*, *Fissurina semimarginata*, *Fursenkoina riggii*, *Globocassidulina biora*, *Globocassidulina crassa* subsp. *rossensis*, *Glomospira gordialis*, *Jaculella obtusa*, *Oolina globosa*, *Planorbulina variabilis*, *Reophax subfusiformis*, *Trifarina spinipes* e *Tritaxis britanica*.

Deuterammia grisea, *Epistominella exigua*, *Cribr stomoides jeffreysii* e *Adercotryma glomeratum* foram as espécies mais encontradas e que dominaram a maioria das amostras (figura 46). As espécies calcárias se concentram nas amostras de topo do testemunho, diminuindo sua abundância e diversidade em direção a base, sendo mais abundantes nas amostras 0-2 cm e Recente (figura 45), já as espécies aglutinantes estão presentes ao longo de todo testemunho representando 66,6 % do total de espécies presentes (figura 47).

A biocenose das amostras Recente e 0–2 cm do testemunho DR2 mostraram uma grande diferença de densidade de carapaças quando comparado a tanatocenose. Assim como no testemunho DR1, a riqueza de espécies foi menor na biocenose. Os valores dos índices de diversidade (Simpson e Shannon) foram menores na biocenose da amostra Recente quando comparados com os valores da tanatocenose, isso devido a dominância de *Epistominella exigua* (frequência relativa de 34 %) na amostra de biocenose (tabela 28).

Na amostra DR2 0–2 cm os índices de diversidade se comportaram de maneiras diferentes entre a biocenose e a tanatocenose. Os valores do índice de Simpson (1-D) entre a

biocenose e a tanatocenose são próximos, ambos indicam grande diversidade e baixa dominância. Já o índice de Shannon (H'), indica que a biocenose apresenta menor dominância de espécies, com uma distribuição homogênea da riqueza (maior valor de equitatividade) (tabela 28).

Tabela 27- Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR2 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

DR2	N tanatocenose	N biocenose	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	2412	1284	50	1	0,90	2,93	0,74	<i>Deuterammia grisea</i> e <i>Epistominella exigua</i>
0 - 2 cm	1826	564	43	1	0,91	2,97	0,79	<i>Cribr stomoides jeffreysii</i> e <i>Deuterammia grisea</i>
2 - 4 cm	2232	.	38	1	0,92	2,98	0,81	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammia grisea</i>
4 - 6 cm	1256	.	32	1	0,91	2,88	0,83	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammia grisea</i>
6 - 8 cm	247	.	25	1	0,86	2,45	0,76	<i>Deuterammia grisea</i> e <i>L. lepida</i>

Figura 45 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR2 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)

Quando comparamos a biocenose com a tanatocenose das amostras recentes podemos observar que as espécies dominantes são diferentes. Na biocenose da amostra Recente *Epistominella exigua* é a espécie dominante, representando 34 % da fauna total. Já na tanatocenose da mesma amostra, as espécies dominantes são *Deuterammina grisea* e *Cribrostomoides jeffreysii*, juntas essas duas espécies representam 37 % de frequência. *E. exigua* na tanatocenose apresenta baixa frequência apenas 8 % (tabela 28).

A biocenose e tanatocenose da amostra 0–2 cm também apresentou diferença na dominância de espécies. Na biocenose as espécies dominantes são *Epistominella exigua* e *Veleroninoides scitula* enquanto que na tanatocenose são *Deuterammina grisea* e *Cribrostomoides jeffreysii*. Vale ressaltar que em ambas as amostras (Recente e 0–2 m) a espécie dominante é *E. exigua* que possui carapaça calcária. Já as espécies dominantes da tanatocenose são espécies aglutinantes (tabela 28).

Figura 46 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR2 (OPERANTAR XXXI)

Figura 47 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR2 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)

Tabela 28 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR2 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR2		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécie dominante
DR2 Recente	Biocenose	2412	31	1	0,84	2,52	0,73	<i>Epistominella exigua</i>
	Tanatocenose	1284	38	1	0,89	2,72	0,74	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>Cribrostomoides jeffreysii</i>
DR2 0 - 2 cm	Biocenose	564	29	1	0,92	2,91	0,86	<i>Epistominella exigua</i> e <i>Veloroninoides scitula</i>
	Tanatocenose	1820	33	1	0,88	2,69	0,77	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>Cribrostomoides jeffreysii</i>

DR3

Foram triadas 3.666 carapaças e identificadas 57 espécies (apêndices E e F), sendo 44 aglutinantes e 13 calcárias. As espécies aglutinantes dominam todo o testemunho e as calcárias estão concentradas nas porções recentes (figura 48). Em relação aos valores de densidade, no geral, foram necessários 10 cm³ de sedimento para que a contagem de carapaças atingisse 300 indivíduos, com exceção da amostra 6-8 cm, onde foram necessários 20 cm³ de sedimento. Já a riqueza das espécies aumenta em direção ao topo do testemunho, sendo a amostra Recente (0 cm) a mais diversa.

Os valores dos índices de Simpson, Shannon e equitatividade também aumentam em direção as amostras recentes do testemunho (tabela 29). Entre as espécies identificadas, quatro ocorrem exclusivamente nesse testemunho e são elas: *Ammobaculites exilis*, *Astrononion antarcticus*, *Cibicidoides subhaidingerii* e *Karrerulina apicularis*. As espécies dominantes e que foram encontradas em maior frequência ao longo de todo o testemunho são: *Adercotryma glomeratum*, *Bolivinellina pacifica*, *Cribrostomoides jeffreysii*, *Deuterammina grisea*, *Lepidoparatrochammina lepida* e *Trochammina squamata* (figura 49). As espécies aglutinantes estão presentes em todo o testemunho e dominam 77,2 % da composição total de espécies. Já as espécies calcárias estão praticamente ausentes na porção basal e aumentam sua ocorrência progressivamente em direção ao topo do testemunho (figura 48 e 50).

Adercotryma glomeratum aumentou sua ocorrência em direção ao topo do testemunho, já outras espécies aglutinantes como *D. grisea*, *L. lepida* e *T. squamata* diminuem progressivamente a ocorrência rumo ao topo e *C. jeffreysii* está presente em maior frequência

somente na porção 0-2 cm do testemunho. A presença de espécies calcárias aumenta da base para o topo do testemunho, sendo *B. pacifica* a espécie com maior dominância, principalmente na amostra 2-4 cm (figura 49).

Tabela 29 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR3 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

DR3	N tanatocenose	N biocenose	(S)	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	1640	624	44	1	0,93	3,17	0,83	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
0 - 2 cm	1392	564	41	1	0,92	3,10	0,83	<i>Cribrostomoides jeffreysii</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
2 - 4 cm	1280	.	36	1	0,93	3,00	0,83	<i>Bolivinellina pacifica</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
4 - 6 cm	604	.	31	1	0,90	2,76	0,80	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>L. lepida</i>
6 - 8 cm	233	.	27	1	0,87	2,49	0,75	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>L. lepida</i>

Figura 48 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR3 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Ao comparar a biocenose com a tanatocenose das amostras Recente e 0-2 cm do testemunho DR3, nota-se que a densidade de carapaças é maior na tanatocenose das duas

amostras. Já a riqueza de espécies é maior na tanatocenose da amostra Recente, enquanto que na amostra 0–2 cm a biocenose apresenta maior riqueza de espécies (tabela 30). Outra diferença entre a tanatocenose e a biocenose são as espécies dominantes em cada associação. Na biocenose da amostra Recente as espécies dominantes são *A. glomeratum* e *H. canariensis*, enquanto que na tanatocenose da mesma amostra são *A. glomeratum* e *D. grisea*. Na amostra 0–2 cm as espécies dominantes na biocenose são *A. glomeratum* e *H. canariensis*, assim como a biocenose da amostra Recente. Já na tanatocenose as espécies dominantes são *C. jeffreysii* e *D. grisea* (tabela 30).

Figura 49 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR3 (OPERANTAR XXXI).

Tabela 30 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR3 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR3		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécie dominante
DR3 Recente	Biocenose	624	33	1	0,91	2,8	0,82	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Haplophragmoides canariensis</i>
	Tanatocenose	1640	36	1	0,92	3,0	0,84	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
DR3 0 - 2 cm	Biocenose	564	32	1	0,93	3,0	0,88	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Haplophragmoides canariensis</i>
	Tanatocenose	1392	30	1	0,9	2,7	0,81	<i>Cribrostomoides jeffreysii</i> e <i>Deuterammina grisea</i>

Figura 50- Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR3 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR4

Foram triadas 2.978 carapaças e identificadas 63 espécies, sendo 46 aglutinantes e 17 calcárias (apêndices E e F). Em geral foram necessários 10 cm³ de sedimento para que a contagem de carapaças atingisse 300 indivíduos, com exceção da amostra mais profunda 6-8 cm, na qual foram necessários 20 cm³ de sedimento, sendo possível coletar somente 188 indivíduos. Conforme podemos observar na tabela 31 os valores de abundância, densidade, riqueza, apresentam aumento progressivo da base para o topo do testemunho.

Tabela 31 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR4 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

DR4	N tanatocenose	N biocenose	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	892	475	52	1	0,83	2,71	0,68	<i>Epistominella exigua</i>
0 - 2 cm	1664	461	41	1	0,93	3,08	0,82	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammia grisea</i>
2 - 4 cm	1288	.	33	1	0,90	2,78	0,79	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammia grisea</i>
4 - 6 cm	500	.	31	1	0,88	2,68	0,78	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammia grisea</i>
6 - 8 cm	377	.	32	1	0,91	2,76	0,79	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammia grisea</i>

As espécies aglutinantes são predominantes ao longo de todo o testemunho, representam 73 % da riqueza total. Já as espécies calcárias são escassas na porção basal e aumentam sua frequência em direção ao topo, sendo mais abundantes nas amostras recentes (Recente e 0-2 cm) (figura 52 e 53), vale ressaltar que a densidade de carapaças calcárias na amostra recente do testemunho DR4 foi a mais alta entre todos os testemunhos desta OPERANTAR. No intervalo recente *Epistominella exigua* é a espécie dominante, atingindo 25 % do total das espécies.

Os índices de diversidade de Simpson e de Shannon apresentam aumento progressivo rumo ao topo do testemunho, entretanto, na amostra recente ele diminui devido à dominância expressiva de *E. exigua*, o que se comprova com um menor valor do índice de equitatividade, ocorrendo distribuição não homogênea da riqueza de espécies (tabela 31).

Entre as 63 espécies identificadas, cinco são encontradas somente nesse testemunho, são elas *Melonis* sp., *Sarccorizha ramosa*, *Fissurina leviagata*, *Heterolepta bradyi* e *Hormosinella distans*. As espécies que estão presentes em maior frequência nas amostras desse testemunho são *Adercotryma glomeratum*, *Deuterammina grisea*, *Epistominella exigua*, *Lepidoparatrochammina lepida* e *Trochammina squamata*. Essas espécies apresentam diferentes comportamentos de distribuição. De 6 a 8 cm de profundidade, *A. glomeratum*, *D. grisea*, *L. lepida* e *T. squamata* são as espécies mais abundantes. A partir de 6 cm de profundidade até o topo do testemunho, *A. glomera* e *D. grisea* tornam-se dominantes. Na amostra recente, *E. exigua* passa a ser a espécie dominante, acompanhada por *A. glomeratum* (figura 51).

Figura 51 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR4 (OPERANTAR XXXI).

Figura 52 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR4 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)

No testemunho DR4 a biocenose nas amostras recentes (Recente e 0–2 cm) apresentaram menores valores de densidade de carapaças por 20 cm³, assim como menor riqueza de espécies. Além disso, na amostra Recente podemos observar a dominância de *E. exigua* na biocenose e na tanatocenose, sendo que em ambas a espécie chega a representar 60 % do total de carapaças. Já na amostra 0–2 cm as espécies dominantes na biocenose são *A. glomera* e *E. exigua*, enquanto que na tanatocenose são *A. glomeratum* e *D. grisea*. Os índices de diversidade são maiores na tanatocenose, assim como os valores de equitatividade (tabela 32).

Tabela 32 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR4 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR4		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécie dominante
DR4 Recente	Biocenose	475	36	1	0,77	2,44	0,68	<i>Epistominella exigua</i>
	Tanatocenose	892	43	1	0,86	2,7	0,72	<i>Epistominella exigua</i>
DR4 0 - 2 cm	Biocenose	461	25	1	0,89	2,7	0,83	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Epistominella exigua</i>
	Tanatocenose	1664	35	1	0,92	3,01	0,84	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>

Figura 53 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR4 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR5

Foram triadas 4.376 carapaças e identificadas 56 espécies, sendo 47 aglutinantes e 9 calcárias. Neste testemunho foram utilizados 10 cm³ de sedimento em todas as amostras, para que a contagem de carapaças atingisse 300 indivíduos. Os valores de abundância, riqueza e diversidade de espécies aumentam progressivamente da base ao topo do testemunho (apêndices E e F, tabela 33)

Assim como nos outros testemunhos, a riqueza de espécies aumenta em direção ao topo do testemunho, sendo as espécies com carapaça aglutinante presentes em maior proporção em todas as amostras (83,9%). As espécies calcárias estão concentradas nas amostras da superfície e do topo do testemunho (figura 55 e 56). *Eggerella nitens* e *Hyperammina cylindrica* são encontradas exclusivamente nesse testemunho.

Adercotryma glomeratum, *Bolivinellina pacifica*, *Cribrostomoides jeffreysii*, *Deuterammina grisea*, e *Trochammina squamata* são as espécies dominantes e que foram encontradas na maioria das amostras. Todas estas cinco espécies apresentam comportamento de distribuição diferente. *Adercotryma glomeratum* apresenta frequência constante ao longo de todo o testemunho. *Bolivinellina pacifica* mostrou aumento progressivo em direção ao topo, sendo abundante somente na amostra Recente. *Cribrostomoides jeffreysii* está presente com maior frequência nas seções 0-2 cm e 2-4 cm. *Deuterammina grisea* diminuiu a frequência de ocorrência rumo ao topo e *T. squamata* apresentou frequência significativa somente na seção basal do testemunho (figura 54).

Tabela 33 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho DR5 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

DR5	N tanatocenose	N biocenose	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	2424	557	39	1	0,91	2,89	0,79	<i>Adercotryma glomeratum</i> , e <i>Deuterammina grisea</i>
0 - 2 cm	752	817	40	1	0,93	3,12	0,84	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
2 - 4 cm	1140	.	33	1	0,91	2,86	0,81	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
4 - 6 cm	1068	.	27	1	0,88	2,58	0,78	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
6 - 8 cm	1056	.	31	1	0,90	2,73	0,79	<i>Adercotryma glomeratum</i> , <i>Deuterammina grisea</i> e <i>Trochammina squamata</i>

Figura 54 - Distribuição das espécies dominantes (>10%) do testemunho DR5 (OPERANTAR XXXI).

Adercotryma glomeratum está presente em grande abundância em todas as amostras deste testemunho. Seu padrão de distribuição não varia conforme a profundidade. O valor médio de dominância em cada ponto está em torno de 15,6%, um valor considerado alto quando comparado aos valores de dominância das outras espécies presentes. Espécies calcárias são mais escassas na base do testemunho e aumentam sua frequência rumo ao topo como por exemplo, *B. pacifica* que apresenta 13,2 % na amostra Recente (figura 56).

Na análise da biocenose das amostras recentes (Recente e 0–2cm) podemos observar que na amostra Recente tanatocenose apresenta maior densidade e riqueza de espécies, as duas espécies dominantes na biocenose são espécies calcárias (*E. exigua* e *F. riggii*), já as espécies dominantes na tanatocenose são espécies aglutinantes (*D. grisea* e *A. glomeratum*). Já na amostra 0–2cm a densidade de carapaças por 20 cm³ de sedimento entre a biocenose e a tanatocenose é bem próxima, quando comparado as outras amostras. Além disso, a riqueza de espécies na biocenose é maior do que na tanatocenose, sendo a única amostra a apresentar esse padrão (tabela 34).

Figura 55 - Riqueza (S) de espécies calcárias e aglutinantes das amostras do testemunho DR5 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Podemos observar também que diferentemente da biocenose das outras amostras dessa OPERANTAR, a espécie dominante na amostra 0–2 cm é *D. grisea*, uma espécie aglutinante que apresenta a maior frequência na biocenose (13 %). Na tanatocenose da mesma amostra as espécies dominantes são *A. glomeratum* e *D. grisea*, mantendo o mesmo padrão que os outros testemunhos dessa OPERANTAR (tabela 34).

Tabela 34 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho DR5 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

DR5		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécie dominante
DR5 Recente	Biocenose	557	25	1	0,90	2,71	0,84	<i>Epistominella exigua</i> e <i>Fursenkoina riggii</i>
	Tanatocenose	2424	33	1	0,89	2,67	0,76	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>Adercotryma glomeratum</i>
DR5 0 - 2 cm	Biocenose	817	34	1	0,93	3,05	0,86	<i>Deuterammina grisea</i>
	Tanatocenose	752	30	1	0,91	2,85	0,83	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>Adercotryma glomeratum</i>

Figura 56 - Porcentagem de foraminíferos com carapaça aglutinante e calcária, densidade (N), riqueza (S), índice de Simpson (1-D) e índice de Shannon (H') do testemunho DR5 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

4.2.4.1 Morfometria das carapaças da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI)

A morfometria dos foraminíferos pertencentes aos 5 testemunhos coletados na passagem do Drake mostrou que, a maior parte das carapaças é de tamanho médio (125 – 250 μm), seguidas por carapaças pequenas (< 125 μm) e grandes (250 – 500 μm). Carapaças muito grandes (> 500 μm) variaram entre 0 % e 6 % (figura 57).

Figura 57 - Morfometria das carapaças dos foraminíferos coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

Ao observarmos a biocenose e tanatocenose das amostras recentes (Recente e 0-2 cm) notamos que na maioria dos testemunhos há um aumento da quantidade de carapaças com tamanho pequeno na biocenose, sendo mais expressivo no testemunho DR4, onde as carapaças com tamanho pequeno passam de 18 % na tanatocenose para 43 % na biocenose da amostra recente. Além disso, a quantidade de carapaças muito grandes também é mais elevada na biocenose quando comparamos com a tanatocenose. Apenas na amostra 0-2 cm do testemunho DR5, há um aumento de carapaças com tamanho médio (figura 58).

Figura 58 - Morfometria das carapaças da tanatocenose e biocenose das amostras recentes (Recente e 0 – 2 cm) coletadas na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI.

4.2.4.2 Análise de agrupamento

A partir do dendrograma gerado pela análise de agrupamento, foi possível reconhecer 3 grupos formados em função da estrutura das associações de foraminíferos das amostras, no nível de corte de 0,50 em similaridade (figura 59).

Figura 59 - Dendrograma baseado na similaridade de Bray-Curtis (com nível de corte indicado pela linha vermelha) das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Devido à grande quantidade de espécies raras, foram consideradas para a análise de agrupamento apenas espécies com frequência relativa $\geq 3\%$, as espécies consideradas raras que foram retiradas da AHC estão localizadas no apêndice H. Desta maneira, podemos observar que os fatores determinantes para a formação dos grupos foram a densidade de carapaças por 20 cm³ de sedimento, a riqueza de espécies e as espécies dominantes das amostras.

O primeiro grupo (G1) é formado apenas por uma amostra (DR4 Recente), nessa amostra a densidade e riqueza de carapaças é relativamente alta. Porém espécie *E. exigua* representa 45,6 % das carapaças triadas (tabela 35 e figura 59).

Tabela 35 - Valores médios e seus respectivos desvios padrão de densidade de foraminíferos por 20 cm³ de sedimento, riqueza de espécies, índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade e espécies dominantes dos grupos identificados no dendograma das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXI).

Grupo	Densidade (20cm ³)	Riqueza	(1-D)	H'	Equitatividade	Espécies Dominantes
G1	1280	52	0,83	2,71	0,68	<i>Epistominella exigua</i>
G2a	1042 ± 489	31 ± 2	0,90 ± 0,02	2,76 ± 0,13	0,80 ± 0,02	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
G2b	2112 ± 656	40 ± 4	0,92 ± 0,01	3,05 ± 0,11	0,82 ± 0,01	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
G2c	291 ± 78	25 ± 4	0,87 ± 0,01	2,45 ± 0,14	0,77 ± 0,02	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>L. lepida</i>
G2d	1308	54	0,95	3,42	0,85	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Deuterammina grisea</i>
G2e	2435 ± 1287	45 ± 5	0,91 ± 0,01	2,96 ± 0,07	0,78 ± 0,03	<i>Deuterammina grisea</i> e <i>Epistominella exigua</i>
G3	105 ± 44	12 ± 1	0,70 ± 0,13	1,69 ± 0,32	0,68 ± 0,16	<i>L. lepida</i>

O grupo G2 foi subdividido em 5 grupos e é o que contém grande parte das amostras. O subgrupo G2a é o maior grupo contendo 9 amostras e é representado em sua maior parte por amostras localizadas na porção intermediária dos 5 testemunhos (DR1 2-4 cm; DR2 4-6 cm; DR3 2-4cm e 4-6 cm; DR4 2-4 cm, 4-6 cm e 6-8 cm; DR5 4-6 cm e 6-8 cm). É

caracterizado por apresentar valores intermediários de densidade de carapaças, riqueza de espécies, índices de diversidade e equitatividade, quando comparado aos outros grupos. As espécies dominantes são *A. glomeratum* e *D. grisea* (tabela 35 e figura 59).

O subgrupo G2b é o segundo maior grupo (6 amostras), sendo caracterizado por agrupar grande parte das amostras das porções recentes dos testemunhos (DR2 2-4 cm; DR3 Recente e DR3 0-2 cm; DR4 0-2 cm; DR5 0-2 cm e 2-4 cm). Apresenta valores altos de densidade de carapaças (em média 2112/20cm³), riqueza de espécies (em média 40), índice de Simpson (em média 0,92), Shannon (3,05) e equitatividade (em média 0,82). As espécies mais representativas nesse grupo são *A. glomeratum* e *D. grisea* (tabela 35 e figura 59).

O terceiro subgrupo (G2c) contém 4 amostras, sendo estas localizadas nas porções basais dos testemunhos (DR1 4-6 cm e 6 – 8 cm; DR2 6-8 cm; DR3 6-8 cm). É caracterizado por baixos valores de densidade de carapaças, riqueza de espécies e índices de diversidade, as espécies dominantes nas amostras pertencentes a esse subgrupo são *D. grisea* e *L. lepida* (tabela 35 e figura 59).

O subgrupo G2d contém apenas a amostra DR1 Recente, esta amostra apresenta os maiores valores de diversidade (Simpson 0,95 e Shannon 3,45) e equitatividade (0,85). Além disso é a amostra que apresenta a maior riqueza de espécies entre todas as outras amostras da OPXXXI (54 espécies). As espécies dominantes são *A. glomeratum* e *D. grisea* (tabela 35 e figura 59).

O último subgrupo (G2e) agrupa 4 amostras é representado somente por amostras da porção recente dos testemunhos (DR1 0-2 cm; DR2 Recente e 0-2 cm; DR5 Recente). Apresenta o maior valor médio de densidade de carapaças e altos valores de riqueza de espécies (em média 45 espécies), índice de Simpson (em média 0,91), índice de Shannon (em média 2,91) e equitatividade (em média 0,78), as espécies dominantes nas amostras e são representantes desse grupo são *D. grisea* e *E. exigua* (tabela 35 e figura 59).

O terceiro grupo (G3) é representado pelas amostras basais do testemunho DR1, são as amostras mais profundas da coluna sedimentar coletadas na OPERANTAR XXXI. O grupo G3 apresenta a menor densidade de carapaças e riqueza de espécies quando comparado com os demais grupos. Com baixos valores dos índices de diversidade e equitatividade. A espécie dominante nesse grupo é *L. lepida* (tabela 35 e figura 59).

4.2.4.3 Análises estatísticas multivariadas

Para as análises multivariadas foram utilizadas as variáveis abióticas: % areia, % lama, % de CaCO_3 e as concentrações de elementos maiores e traço. Nos dados de frequência da meiofauna (foraminíferos) foram consideradas espécies com frequência relativa $\geq 3\%$, e espécies que não foram utilizadas nas análises estatísticas encontram-se no apêndice H.

4.2.4.4 Correlação de Spearman

Os elementos maiores e traço que apresentaram correlações positivas e significativas entre si foram 1) alumínio e titânio (0,74), 2) cálcio e escândio (0,71) e 3) ferro e chumbo (0,73). *Globocassidulina subglobosa* apresentou correlação positiva e significativa com o manganês (0,72), *Adercotryma glomeratum* teve correlação positiva com *Lagenammia laguncula* (0,81) e *Epistominella exigua* apresentou correlação forte positiva com *Globocassidulina subglobosa* (0,81). A única correlação negativa forte encontrada foi entre a espécie *L. lepida* e *Veleroninoides scitula* (-0,74), todas as correlações apresentaram $p < 0,05$. A tabela com as correlações de Spearman encontra-se no apêndice I. Os resultados da correlação de Spearman mostraram várias correlações positivas e significativas entre os elementos maiores e traço.

4.2.4.5 Análise de Componentes Principais (ACP)

O primeiro componente principal gerado (CP) pela ACP (eixo X) explica 22,69 % da variância dos dados. O *loading* (cargas) das variáveis indicou que cádmio (variável abiótica) e *Lepidotrochammina lepida* (variável biótica) como as mais representativas e associadas a este eixo. Já o segundo PC (eixo Y) explica 18,23 % da variância entre os dados e o *loading* das variáveis indica que os elementos maiores e traço Al, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni e Pb são os mais representativos e estão associados ao eixo Y (tabela 36)

Tabela 36 - Fatores de carga das variáveis % CaCO₃, % de Grânulos (Grânulos), % de lama (Lama), % areia (Areia), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), *Adercotryma glomeratum* (Ag), *Bolivinellina pacifica* (Bc), *Cribrostomoides sp.*(Cs), *Deuterammina glabra* (Dgl), *Deuterammina grisea* (Dgr), *Epistominella exigua* (Ee), *Fursenkoina riggii* (Fr), *Globocassidulina subglobosa* (Gs), *Glomospira irregulares* (Gi), *Haplophragmoides canariensis* (Hc), *Labrospira crassimargo* (Lc), *Lagenammina laguncula* (Ll), *Miliammina arenacea* (Ma) , *Lepidopratrochammina lepida* (Pl), *Portatrochammina eltaninae* (Pe), *Textularia wiesneri* (Pw), *Tritaxis primitiva* (Tp), *Ammoglobigerina pygmaea* (Tpy), *Trochammina squamata* (Ts), *Veloroninoides scitula* (Vs), *Veloroninoides wiesneri* (Vw) e *Verneuilina minuta* (Vm) para PC1 e PC2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para as amostras da OPERANTAR XXXI. Em destaque cargas $\geq 0,50$.

Variável	PC1	PC2
CaCO ₃	0,18	0,10
Grânulo	0,49	-0,08
Areia	-0,51	0,11
Lama	0,18	-0,04
Al	0,19	0,86
As	-0,49	0,28
Ca	0,17	0,79
Cd	0,84	-0,06
Cu	0,16	0,86
Fe	-0,27	0,83
Hg	-0,35	-0,37
K	0,42	0,03
Mg	0,15	0,91
Mn	-0,33	0,83
Ni	0,20	0,87
Pb	-0,27	0,69
Sc	0,30	0,45
Ti	0,06	0,54
Zn	0,12	0,66
Ag	-0,87	0,04
Bc	-0,27	0,41
Cj	-0,71	-0,11
Cs	-0,13	-0,18
Dgl	-0,62	0,32
Dgr	-0,58	0,00
Ee	-0,43	0,21
Fr	-0,21	0,19
Gs	-0,60	0,21
Gi	-0,55	0,21
Hc	-0,87	0,01
Lc	-0,61	0,03
Ll	-0,70	-0,21
Ma	0,40	-0,18
Pl	0,69	0,13
Pe	-0,49	-0,30
Tw	-0,33	0,07
Tp	0,46	0,09
Tpy	-0,29	-0,32
Ts	-0,34	0,15
Vs	-0,89	-0,16
Vw	-0,34	-0,23
Vm	-0,56	0,26

Factor Loading, PC1 vs. PC2
Rotation: Unrotated
Extracted: Principal Components

Scatter plot showing Factor Loadings for PC1 vs. PC2. The plot displays various chemical elements and compounds grouped into four clusters, each enclosed by a dashed box of a different color:

- Blue dashed box (top center):** Mn, Fe, Pb.
- Orange dashed box (top right):** Mg, Ni, Zn, Ti, Sc.
- Green dashed box (center left):** Ag, Fe, Vs, Cu, Li, Dg, Vg, As, Gd, Ls, Ar, Ee, Ts, Yw, Bc, Fr, Vw, Hg, Tpy, Cs.
- Red dashed box (bottom right):** CaCO₃, La, Ma, K, Tp, Gr, Pl, Cd.

4.3 Passagem do Drake - OPERANTAR XXXII (2014)

4.3.1 Parâmetros físico-químicos (profundidade, temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido)

No momento da coleta do testemunho Drake 1 a temperatura estava em torno de -1,2 °C, o pH 6,58, salinidade em 31 e oxigênio dissolvido em 8,7 mg/L. No testemunho Drake 1B a temperatura foi em torno de -1,7 °C, o pH em 6,57, salinidade em torno de 30,2 e oxigênio dissolvido 9 mg/L (tabela 37).

Tabela 37 - Parâmetros físico-químicos da superfície do sedimento dos testemunhos coletados durante a OPERANTAR XXXII na passagem do Drake.

Amostras	Profundidade (m)	Temperatura (°C)	pH	Salinidade	Oxigênio dissolvido (mg/L)
Drake 1	3.700	-1,2	6,58	31,0	8,7
Drake 1B	3.850	-1,7	6,57	30,2	9,0

4.3.2 Granulometria

Os sedimentos das amostras do testemunho Drake 1 são siltosos, cinza escuro (tabela 38 e figura 61). Da base rumo ao topo, há ligeiro aumento das porcentagens de areia muito fina, com diminuição da porcentagem de argila (tabela 38 e figura 61).

Tabela 38 - Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), classificação do sedimento segundo Shepard (1954) e grau de seleção (FOLK; WARD, 1957) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 e Drake 1B da Passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).

Amostras	Areia (%)					Lama (%)		Classificação Shepard (1954)	Grau de seleçã Folk e Ward, 1957
	Mto. Grossa	Grossa	Média	Fina	Mto. Fina	Silte	Argila		
Drake 1 Recente	0,00	0,00	0,00	0,11	7,55	80,19	12,15	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 0-2cm	0,00	0,12	0,63	0,87	7,40	79,04	11,94	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 2-4cm	0,00	0,12	0,62	0,90	7,20	78,35	12,81	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 4-6cm	0,00	0,05	0,38	1,00	7,34	78,05	13,18	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 6-8cm	0,00	0,08	0,41	0,85	6,99	78,59	13,09	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 8-10cm	0,00	0,00	0,00	0,58	6,67	77,36	15,39	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 10-12cm	0,00	0,00	0,03	0,71	6,68	77,46	15,13	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 12-14cm	0,00	0,09	0,58	0,63	6,14	79,45	13,12	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 14-16cm	0,00	0,00	0,03	0,57	5,96	78,00	15,44	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 16-18cm	0,00	0,07	0,37	0,59	6,19	78,70	14,09	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1 18-20cm	0,00	0,07	0,37	0,59	6,19	78,70	14,09	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B Recente	0,00	0,00	0,07	1,02	4,92	83,81	10,17	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 0-2cm	0,00	0,00	0,19	1,05	7,15	80,44	11,17	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 2-4cm	0,00	0,22	1,12	0,91	7,02	78,34	12,39	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 4-6cm	0,00	0,16	0,88	0,94	6,93	78,18	12,91	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 6-8cm	0,00	0,19	0,98	0,93	6,86	78,27	12,77	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 8-10cm	0,00	0,00	0,23	0,81	7,05	78,06	13,86	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 10-12cm	0,00	0,12	0,70	0,64	6,19	78,93	13,42	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 12-14cm	0,00	0,00	0,02	0,84	6,20	78,50	14,44	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 14-16cm	0,00	0,00	0,13	0,84	5,86	78,66	14,51	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 16-18cm	0,00	0,03	0,80	1,40	6,20	78,26	13,31	Silte	Mto. Mal selecionado
Drake 1B 18-20cm	0,00	0,00	0,02	0,67	6,14	79,02	14,15	Silte	Mto. Mal selecionado

Figura 61 - Distribuição granulométrica das porcentagens de areia e lama dos testemunhos Drake1 e Drake 1B da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).

O testemunho DR1 1B é composto por 20 cm de silte, cinza escuro (tabela 38 e figura 61). Em todo o testemunho o sedimento apresenta predomínio das classes de silte e argila.

Nas classes de areia (com exceção da amostra Recente) podemos observar ligeiro aumento das porcentagens de areia muito fina em direção ao topo do testemunho. As porcentagens de silte apresentaram aumento em direção a porção recente e a fração argila diminuição (tabela 38).

4.3.3 Elementos maiores e traço

Os resultados obtidos na análise de ICP-OES com as concentrações de elementos maiores e traço dos 2 testemunhos coletados da passagem de Drake durante a OPERANTAR XXXII em janeiro de 2014 estão apresentados na tabela 39 e 40. A seguir serão apresentadas separadamente as concentrações de elementos maiores e traço dos testemunhos.

Drake 1

As concentrações dos elementos maiores e traço do testemunho Drake 1 da passagem do Drake estão apresentadas na tabela 39 e nas figuras 62 e 63. As concentrações dos elementos variaram da seguinte forma: Al de 0,034 a 0,048 %; Ca de 0,014 a 0,020 %; Cu de 41,58 a 54,97 mg kg⁻¹; Fe de 0,051 a 0,065 %; K de 0,038 a 0,209 %; Mg de 0,019 a 0,024 %; Mn de 500,1 a 1841 mg kg⁻¹; Ni de 19,34 a 27,8 mg kg⁻¹; Pb de 5,04 a 6,50 mg kg⁻¹; Sc de 6,99 a 8,72 mg kg⁻¹; Ti de 3149,9 a 4307,8 mg kg⁻¹; Zn de 69,94 a 81,47 mg kg⁻¹. As concentrações de As foram determinadas apenas para as amostras 0–2 cm, 6–8 cm, 8–10 cm, 16–18cm e 18–20cm, com variação de 3,03 mg kg⁻¹ a 4,08 mg kg⁻¹, nas demais amostras as concentrações estão abaixo do limite de detecção do equipamento e não foram apresentadas (tabela 39).

Os elementos Al, Ca, Cu, Fe, Mg e Ti apresentaram maior amplitude na variação de suas concentrações na porção basal do testemunho, já na porção recente as concentrações apresentaram menor amplitude, com pouca variação nos valores. Já os elementos Ni, Sc e Zn apresentaram maior amplitude nas concentrações em todo o testemunho, indicando leve diminuição das concentrações em direção ao topo (tabela 39, figuras 62 e 63).

As concentrações de Cd apresentaram menor amplitude de variação no testemunho, com diminuição das concentrações em direção a porção recente. Já o Mn teve grande variação das concentrações em todo o testemunho, com grande amplitude entre os valores e com diminuição das concentrações nas amostras recentes. O K foi o único elemento que apresentou aumento progressivo de sua concentração em direção ao topo do testemunho (tabela 39, figuras 62 e 63).

A amostra 12 – 14cm apresentou as maiores concentrações de Al (0,048 %), Ca (0,020 %), Cd (0,799 mg kg⁻¹), Fe (0,065 %), Mg (0,024 %), Sc (8,78 mg kg⁻¹), Ti (4307,8 mg kg⁻¹) e Zn (81,47 mg kg⁻¹) (tabela 39, figuras 62 e 63).

Tabela 39 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII). Em destaque as maiores concentrações dos elementos entre cada amostra. Onde n.d. = não detectado.

Amostras	Alumínio Al (%)	Arsênio As (mg kg ⁻¹)	Cálcio Ca (%)	Cádmio Cd (mg kg ⁻¹)	Cobre Cu (mg kg ⁻¹)	Ferro Fe %	Potássio K %	Magnésio Mg %	Manganês Mn (mg kg ⁻¹)	Níquel Ni (mg kg ⁻¹)	Chumbo Pb (mg kg ⁻¹)	Escândio Sc (mg kg ⁻¹)	Titânio Ti (mg kg ⁻¹)	Zinco Zn (mg kg ⁻¹)
Média	0,03 ± 0,003	3,28 ± 0,44	0,016 ± 0,001	0,71 ± 0,04	46,1 ± 3,78	0,05 ± 0,003	0,085 ± 0,05	0,021 ± 0,001	988,2 ± 433	22,5 ± 2,58	5,77 ± 0,39	7,86 ± 0,45	3649,6 ± 286,7	76,3 ± 3,82
Drake 1 Recente	0,041	n.d.	0,018	0,68	42,09	0,055	0,209	0,021	500,1	20,60	5,04	7,84	3773,5	73,12
Drake 1 0-2 cm	0,041	3,15	0,017	0,71	46,31	0,056	0,155	0,021	548,6	21,98	5,65	8,26	3753,7	77,60
Drake 1 2-4 cm	0,041	n.d.	0,017	0,69	42,32	0,056	0,116	0,022	532,7	20,64	5,88	7,76	3740,9	72,32
Drake 1 4-6 cm	0,038	n.d.	0,016	0,67	45,10	0,053	0,096	0,020	1339,5	27,80	5,98	7,79	3440,8	76,01
Drake 1 6-8 cm	0,037	3,03	0,016	0,62	41,58	0,054	0,082	0,021	797,1	19,34	5,25	6,99	3439,4	69,94
Drake 1 8-10 cm	0,040	4,08	0,017	0,69	45,82	0,055	0,063	0,020	1555,4	24,38	5,71	8,12	3716,1	74,52
Drake 1 10-12 cm	0,038	n.d.	0,016	0,70	45,37	0,055	0,054	0,022	855,6	20,44	5,78	7,50	3536,6	74,70
Drake 1 12-14 cm	0,048	n.d.	0,020	0,79	48,53	0,065	0,050	0,024	884,3	22,32	6,09	8,78	4307,8	81,47
Drake 1 14-16 cm	0,034	n.d.	0,014	0,76	54,97	0,051	0,042	0,019	1841,0	26,15	6,50	7,56	3149,9	80,63
Drake 1 16-18 cm	0,039	3,09	0,016	0,74	47,84	0,057	0,038	0,021	1008,5	22,22	5,82	7,94	3643,9	79,99
Drake 1 18-20 cm	0,039	3,09	0,016	0,74	47,84	0,057	0,038	0,021	1008,5	22,22	5,82	7,94	3643,9	79,99

Figura 62 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg) e manganês (Mn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

Figura 63 - Concentrações dos elementos níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

Drake 1B

As variações das concentrações de elementos maiores e traço do testemunho Drake 1B da passagem do Drake ocorreram da seguinte forma: Al de 0,033 a 0,040 %; Ca de 0,014 a 0,017 %; Cd de 0,691 a 0,768 mg kg⁻¹; Cu 42,02 a 51,57 mg kg⁻¹; Fe de 0,046 a 0,055 %; K de 0,021 a 0,027 %; Mg de 0,018 a 0,021 %; Mn de 491,2 a 2117,1 mg kg⁻¹; Ni de 19,64 a 29,94 mg kg⁻¹; Pb de 4,73 a 6,22 mg kg⁻¹; Sc de 7,32 a 8,12 mg kg⁻¹; Ti de 2930,5 a 3486,6 mg kg⁻¹ e Zn de 77,47 a 94,39 mg kg⁻¹ (tabela 40, figuras 64 e 65). As concentrações de As foram determinadas apenas nas amostras Recente e 10 – 12 cm, com valores de 3,63 e 3,16 mg kg⁻¹ respectivamente, nas demais amostras as concentrações estão abaixo do limite de detecção do equipamento e não foram apresentadas (tabela 40).

O padrão de distribuição dos elementos maiores (Ca, Fe, Mg) e de Cd, Sc e Ti é parecido ao longo dos testemunhos: os valores máximos ocorrem entre 10 a 6 cm de profundidade, seguidos de declínio abrupto no intervalo 4-6 cm.

Os teores de K apresentaram aumento progressivo rumo ao topo, sem grande amplitude de variação (tabela 40, figuras 64 e 65). Já Zn apresentou grande amplitude de variação dos valores ao longo de todo testemunho. O Mn apresentou maior amplitude variação dos valores de concentração na base e nas amostras da porção recente do testemunho se manteve constante. As concentrações de Cu e Sc diminuíram em direção ao topo do testemunho. Porém, o Sc apresentou maior amplitude das concentrações ao longo de todo o testemunho.

Tabela 40 - Concentração de elementos maiores e traço das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII). Em destaque as maiores concentrações dos elementos entre cada amostra. Onde n.d. = não detectado.

Amostras	Alumínio Al (%)	Arsênio As (mg kg ⁻¹)	Cálcio Ca (%)	Cádmio Cd (mg kg ⁻¹)	Cobre Cu (mg kg ⁻¹)	Ferro Fe (%)	Potássio K (%)	Magnésio Mg (%)	Manganês Mn (mg kg ⁻¹)	Níquel Ni (mg kg ⁻¹)	Chumbo Pb (mg kg ⁻¹)	Escândio Sc (mg kg ⁻¹)	Titânio Ti (mg kg ⁻¹)	Zinco Zn (mg kg ⁻¹)
Média	0,036 ± 0,002	3,39 ± 0,3	0,015 ± 0,001	0,73 ± 0,02	45,8 ± 2,47	0,051 ± 0,003	0,023 ± 0,002	0,019 ± 0,001	901,7 ± 584	22,5 ± 3,66	5,67 ± 0,49	7,71 ± 0,28	3191,4 ± 192,2	82,4 ± 4,93
Drake 1B Recente	0,033	3,63	0,015	0,71	42,02	0,046	0,027	0,020	491,2	19,94	5,40	7,32	2930,5	94,39
Drake 1B 0-2 cm	0,036	n.d.	0,016	0,77	43,53	0,051	0,026	0,021	501,1	20,64	5,63	7,48	3223,8	86,43
Drake 1B 2-4 cm	0,040	n.d.	0,016	0,75	45,91	0,055	0,026	0,020	532,1	21,63	6,12	8,12	3486,6	81,65
Drake 1B 4-6 cm	0,034	n.d.	0,014	0,69	45,02	0,050	0,024	0,019	537,4	21,60	4,73	7,47	2978,6	78,34
Drake 1B 6-8 cm	0,038	n.d.	0,016	0,75	46,05	0,053	0,024	0,020	1038,2	28,58	5,71	7,87	3342,1	77,94
Drake 1B 8-10 cm	0,038	n.d.	0,017	0,69	45,83	0,054	0,023	0,021	2117,1	29,94	6,15	7,54	3431,0	77,47
Drake 1B 10-12 cm	0,039	3,16	0,016	0,74	44,92	0,053	0,023	0,020	665,7	19,64	5,48	8,08	3342,5	80,18
Drake 1B 12-14 cm	0,035	n.d.	0,015	0,74	48,10	0,052	0,022	0,020	677,0	20,77	6,21	7,58	3035,1	85,73
Drake 1B 14-16 cm	0,035	n.d.	0,015	0,73	51,57	0,052	0,022	0,020	1963,3	25,47	6,22	7,61	3229,7	82,50
Drake 1B 16-18 cm	0,035	n.d.	0,015	0,75	46,92	0,049	0,021	0,018	676,5	20,31	5,82	8,09	3075,5	81,82
Drake 1B 18-20 cm	0,035	n.d.	0,015	0,76	45,00	0,048	0,021	0,019	719,5	20,05	5,00	7,72	3030,7	80,03

Figura 64 - Concentrações dos elementos alumínio (Al), arsênio (As), cálcio, (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu) e ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg) e manganês (Mn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

Figura 65 - Concentrações dos elementos níquel (Ni), chumbo (Pb), escândio (Sc), titânio (Ti) e zinco (Zn) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII). Concentrações em mg kg^{-1} e % (porcentagem).

4.3.4 Meiofauna (foraminíferos)

Drake 1

Em relação aos foraminíferos, foram triadas um total de 2.837 carapaças e identificadas 94 espécies, sendo 89 espécies aglutinantes e 5 calcárias (apêndice J e pranchas 1 a 4 do apêndice G). De um modo geral foram necessários 20 cm³ de sedimento para que a contagem atingisse 300 indivíduos. Nas amostras com profundidade abaixo de 10 cm de sedimento, não foi possível alcançar o N desejável (acima de 300 indivíduos), devido à baixa densidade de carapaças. Em amostras localizadas nas porções basais do testemunho foram coletados um total de 62 e 82 indivíduos (amostras 16–18 cm e 18–20 cm respectivamente) em 20 cm³ de sedimento (tabela 41). Da base ao topo do testemunho, ocorrem aumentos expressivos e progressivos dos valores de abundância, densidade, riqueza, diversidade e equitatividade (tabela 41).

Tabela 41 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.

Drake1	N Tanatocenose	N biocenose	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	403	219	63	1	0,95	3,48	0,84	<i>E. foliaceus</i>
0 - 2 cm	466	147	66	1	0,95	3,47	0,83	<i>E. bullata</i> e <i>E. foliaceus</i>
2 - 4 cm	304	.	41	1	0,94	3,22	0,87	<i>D. grisea</i> e <i>E. foliaceus</i>
4 - 6 cm	335	.	48	1	0,95	3,35	0,87	<i>E. foliaceus</i>
6 - 8 cm	281	.	45	1	0,96	3,41	0,90	<i>D. grisea</i>
8 - 10 cm	231	.	40	1	0,96	3,33	0,90	<i>D. grisea</i>
10 - 12cm	145	.	32	1	0,94	3,13	0,90	<i>H. canariensis</i> e <i>R. bradyi</i>
12 - 14 cm	220	.	36	1	0,95	3,22	0,90	<i>E. foliaceus</i>
14 - 16 cm	109	.	29	1	0,95	3,10	0,92	<i>P. (L) lepida</i>
16 - 18 cm	62	.	23	1	0,94	2,99	0,95	<i>C. subglobosa</i>
18 - 20 cm	82	.	29	1	0,95	3,12	0,93	<i>A. glomeratum</i> e <i>C. subglobosa</i>

Partindo da base em direção ao topo do testemunho a densidade e riqueza das espécies aumentam de maneira expressiva (figura 66). As espécies aglutinantes predominam, já as poucas espécies calcárias identificadas são ausentes em praticamente todo o testemunho, ocorrendo somente nas amostras de topo (Recente e 0-2 cm). Nestes últimos intervalos, as espécies calcárias encontradas foram: *Epistominella exigua*, *Ioanella tumidula*, *Melonis barleeanus*, *Pullenia bulloides* e *Pullenia quadriloba*. Na amostra Recente as espécies calcárias representam 1,82 % do total de espécies identificadas. Já na amostra 0–2 cm as calcárias representam 0,32 % do total de carapaças identificadas.

Figura 66 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N) e riqueza de espécies (S) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII).

O índice de dominância de Simpson (1-D) em todas as amostras encontra-se acima de 0,93 mostrando grande diversidade de espécies ao longo de todo o testemunho. O índice de diversidade de Shannon (H'), apresentou valores altos, indicando maior diversidade, com ligeiro aumento em direção a porção recente do testemunho. Os valores do índice de equitatividade (E) diminuem em direção a porção recente do testemunho, indicando que apesar de diversas, a uniformidade da distribuição das espécies diminui rumo ao topo do testemunho (figura 67).

Figura 67 - Índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII).

As espécies que apresentaram maior abundância são *Cribrostomoides subglobosa*, *Deuterammina grisea*, *Earlandammina bullata*, *Eratidus foliaceus*, *Haplophragmoides canariensis*, *Recurvoidella bradyi* e *Spiroplectammina biformis*. Apesar da grande diversidade de espécies nesse testemunho, há baixa dominância, ou seja, as espécies estão distribuídas de forma homogênea, refletido em altos valores do índice de equitatividade. Ao longo do testemunho estas espécies apresentam distribuição diferentes, como por exemplo, *C. subglobosa* que diminuiu a frequência em direção a porção recente do testemunho.

D. grisea se mostrou mais frequente na seção de 8–10 cm a 2–4 cm, nas demais amostras do testemunho a espécie apresentou frequência relativa < de 5 %, com exceção da amostra 18–20 cm, na qual *D. grisea* teve frequência de 7 %. *E. bullata* aumentou sua frequência somente na amostra 0 – 2 cm, nas demais apresentou frequência relativa < 5 %. *E. foliaceus* e *S. biformis* foram mais frequentes na porção recente do testemunho, já *H. canariensis* se mostrou mais frequente na porção basal (figura 68).

Figura 68 - Distribuição das espécies dominantes (frequência >10%) do testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OPXXXII).

Nesse testemunho podemos observar em todas as amostras a presença de espécies tubulares como *Bathysiphon*, *Dendronina*, *Hyperammina*, *Jaculella* e *Rhabdammina*. As espécies de *Bathysiphon* apresentam aumento da frequência em direção ao topo do testemunho. Já os indivíduos de *Dendronina* e *Hyperammina* estão presentes em maior frequência nas seções intermediárias. *Jaculella* e *Rhabdammina* estão presentes em todas as profundidades, porém em baixa densidade.

Ao analisar a biocenose e tanatocenose, podemos observar diferenças na densidade de carapaças, riqueza e composição de espécies dominantes nas associações de foraminíferos. Na amostra Recente, nota-se que a densidade de carapaças e a riqueza de espécies é maior na tanatocenose. Além disso, a composição de espécies entre a tanatocenose e a biocenose também é diferente, *E. foliaceus* e *A. glomeratum* apresentam as maiores frequências da tanatocenose, enquanto que na biocenose *S. biformis* e *C. subglobosa* são mais frequentes. Os índices de diversidade e equitatividade não apresentaram diferenças expressivas entre a tanatocenose e a biocenose (tabela 42).

A tanatocenose da amostra 0–2 cm também apresentou maior densidade de carapaças e riqueza de espécies quando comparada com a biocenose da mesma amostra. A composição de espécies dominantes também se mostrou diferente entre as duas associações, na tanatocenose as espécies com maior frequência foram *E. bullata* e *E. foliaceus*, enquanto que na biocenose as espécies dominantes foram *S. biformis* e *A. glomeratum*. O índice de Simpson não apresentou diferença expressiva entre as duas associações, já o índice de Shannon foi mais alto na tanatocenose, indicando maior diversidade. A equitatividade foi maior na biocenose, mostrando que apesar de menos diversa as espécies estão distribuídas de forma mais homogênea que na tanatocenose (tabela 42).

Tabela 42 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho Drake 1 da passagem do Drake (OP XXXII).

Amostra		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominante
Drake 1 Recente	Tanatocenose	403	55	1	0,94	3,37	0,84	<i>Eratidus foliaceus</i> e <i>Adercotryma glomeratum</i>
	Biocenose	219	36	1	0,93	3,10	0,86	<i>Spiroplectammina biformis</i> e <i>Cribrostomoides subglobosa</i>
Drake 1 0 - 2 cm	Tanatocenose	466	60	1	0,94	3,96	0,82	<i>Earlandammina bullata</i> e <i>Eratidus foliaceus</i>
	Biocenose	147	37	1	0,95	3,29	0,91	<i>Spiroplectammina biformis</i> e <i>Adercotryma glomeratum</i>

Drake 1B

Foram triadas um total de 3.409 carapaças de foraminíferos e identificadas 82 espécies, sendo 74 com carapaças aglutinantes e 8 com carapaças calcárias (apêndice K e pranchas 1, 2, 3 e 4 do apêndice G). De um modo geral foram necessários 20 cm³ de sedimento para que a contagem atingisse 300 indivíduos. Para as amostras localizadas na porção basal do testemunho (abaixo de 14 cm de sedimento) não foi possível alçar o N desejável (acima de 300 indivíduos), devido à baixa densidade de carapaças. Nessas amostras foram coletados um total de 149, 166, 174 indivíduos/20 cm³ nas amostras 14-16 cm, 16-18 cm e 18-20 cm, respectivamente (tabela 43). Da base para o topo do testemunho Drake 1B, podemos observar aumentos expressivos dos valores de abundância, densidade, riqueza e diversidade (tabela 43 e figura 69).

Tabela 43 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N), carapaças vivas, riqueza (S), índice de Simpson (1-D), dominância de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII

Drake1B	N tanatocenose	N biocenose	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominantes
Recente	784	366	61	1	0,96	3,51	0,85	<i>S. biformis</i>
0-2 cm	720	424	62	1	0,96	3,58	0,87	<i>E. foliaceus</i>
2-4 cm	564	.	43	1	0,96	3,40	0,90	<i>E. foliaceus</i>
4-6 cm	568	.	40	1	0,95	3,27	0,89	<i>C. jeffreysii</i>
6-8 cm	357	.	46	1	0,96	3,37	0,88	<i>R. bradyi</i>
8-10 cm	299	.	39	1	0,96	3,32	0,91	<i>P. murrayi</i>
10-12cm	266	.	37	1	0,95	3,27	0,91	<i>P. murrayi</i>
12-14 cm	230	.	36	1	0,95	3,24	0,90	<i>P. karica</i>
14-16 cm	149	.	30	1	0,94	3,07	0,90	<i>C. subglobosa</i>
16-18 cm	166	.	33	1	0,95	3,17	0,91	<i>C. subglobosa</i>
18-20 cm	174	.	31	1	0,94	3,04	0,89	<i>E. foliaceus</i>

As espécies com carapaça aglutinante predominam em todo o testemunho, apresentando distribuição homogênea das riquezas. As espécies calcárias com maiores

frequências foram: *Adercotryma glomeratum*, *Alterammina alternans*, *Cribrostomoides jeffreysii*, *Cribrostomoides subglobosus*, *Deuterammina grisea*, *Earlandammina bullata*, *Eratidus foliaceus*, *Haplophragmoides canariensis*, *Portatrochammina antarctica*, *Portatrochammina karica*, *Recurvoidella bradyi* e *Spiroplectammina biformis*. Essas espécies apresentaram frequências relativas entre 8,7 % e 15,52 %, indicando baixa dominância de espécies. As 8 espécies com carapaça calcária ocorrem somente nas amostras da porção recente do testemunho, sendo elas: *Alliatinella differens*, *Bolivinellina pacifica*, *Epistominella exigua*, *Globocassidulina subglobosa*, *Lagena nebulosa*, *Lagenosolenia incompressa*, *Pullenia quadriloba* e *Triloculina oblonga*. Nas amostras em que foram identificadas essas espécies representam em média menos de 5% do total de foraminíferos triados.

Figura 69 - Número de indivíduos por 20cm³ de sedimento (N) e riqueza de espécies (S) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).

O índice de dominância de Simpson (1-D) em todas as amostras encontra-se entre de 0,93 e 0,97, mostrando grande diversidade e baixa dominância de espécies ao longo de todo o testemunho, com ligeiro aumento na porção recente. O índice de diversidade de Shannon (H'), se mostrou mais sensível, indicou aumento da diversidade da base em direção ao topo do

testemunho. Os valores do índice de equitatividade (E) apresentaram diminuição em direção as amostras recentes, indicando que apesar de diversas, a uniformidade da distribuição das riquezas diminui rumo a ao topo do testemunho (figura 70).

As espécies com maiores frequências apresentam padrões de distribuição diferentes ao longo do testemunho Drake 1B, como por exemplo, as espécies *A. glomeratum*, *C. jeffreysii* e *S. biformis* aumentam a frequência nas amostras da porção recente do testemunho. Já *A. alterans*, *C. subglobosa* e *P. antarctica* apresentam comportamento oposto, elas diminuem as frequências em direção a porção recente (figuras 71 e 72).

Figura 70 - Índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E) das amostras pertencentes ao testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).

A espécie *D. grisea* apresenta frequência constante em todo testemunho, com exceção das profundidades 10–12 cm, 8–10 cm e 6–8 cm, nas quais a espécie diminui a frequência. Com comportamento similar, *E. bullata* aumentou a frequência somente na amostra 8–10 cm, nas demais profundidades do testemunho a espécie apresentou frequência entre 3 e 5% (figura 12). As espécies que aumentaram a frequência em uma única amostra foram: *E. foliaceus* que apresentou maior frequência na amostra 18–20 cm, *P. karica* com maior frequência na amostra 12 – 14 cm e *E. bullata* com maior frequência na amostra 8–10 cm. *H. canariensis* e *R. bradyi* tiveram grande amplitude de variação de suas frequências ao longo de todo

testemunho, sendo que *H. canariensis* a apresentar ligeiro aumento da frequência em direção ao topo do testemunho e *R. bradyi* mais frequente nas amostras da porção intermediária (figuras 71 e 72).

Figura 71 - Distribuição das espécies dominantes (frequência >8%) do testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).

Figura 72 - Distribuição das espécies dominantes (frequência >8%) do testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OPXXXII).

A análise comparativa entre a biocenose e a tanatocenose mostrou que a densidade de carapaças, riqueza de espécies e espécie dominante na associação de foraminíferos apresentam diferenças expressivas. Na amostra Recente a tanatocenose possui maior densidade e riqueza de espécies, a espécie dominante na tanatocenose é *S. bififormis*, enquanto na biocenose passa a ser *E. foliaceus*. A amostra 0–2 cm também é mais densa em carapaças e rica em espécies no estudo da tanatocenose do que na biocenose. As espécies dominantes também mudam, na tanatocenose da amostra 0–2cm a espécie com maior frequência relativa é

A. glomeratum, já na biocenose da mesma amostra a espécie com maior frequência relativa é *E. foliaceus*. Os índices de diversidade e equitatividade permaneceram altos na tanatocenose e na biocenose, indicando alta diversidade, com baixa dominância de espécies em ambos os estudos (tabela 44).

Tabela 44 - Densidade por 20cm³ de sedimento (N), riqueza (S), fração triada (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécie dominante da biocenose e tanatocenose das amostras Recente e 0 – 2 cm do testemunho Drake 1B da passagem do Drake (OP XXXII).

Amostra		N	S	Q	(1-D)	H'	E	Espécies dominante
Drake 1B Recente	Tanatocenose	784	55	1	0,95	3,44	0,85	<i>Spiroplectammina biformis</i>
	Biocenose	366	38	1	0,94	3,24	0,89	<i>Eratidus foliaceus</i>
Drake 1B 0 - 2 cm	Tanatocenose	720	52	1	0,95	3,43	0,86	<i>Adercotryma glomeratum</i>
	Biocenose	424	44	1	0,94	3,35	0,88	<i>Eratidus foliaceus</i>

4.3.4.1 Morfometria das carapaças da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII)

A morfometria das carapaças dos foraminíferos pertencentes aos 2 testemunhos coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII mostrou que grande parte das carapaças são de tamanho médio (125 µm – 250 µm), seguidas por carapaças de tamanho pequeno (< 125 µm). Podemos observar que da base ao topo de ambos os testemunhos houve ligeira diminuição na quantidade de carapaças médias e aumento das carapaças pequenas (figura 73).

Figura 73 - Morfometria das carapaças dos foraminíferos coletados na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.

As diferenças de tamanho se tornam mais perceptíveis quando separamos biocenose e tanatocenose das amostras recentes (Recente e 0–2 cm). Conforme mostrado na figura 15, a biocenose em ambos os testemunhos da OPERANTAR XXXII apresenta maior quantidade de indivíduos com carapaças de tamanho muito grande ($> 500 \mu\text{m}$). No testemunho Drake 1 a porcentagem de indivíduos muito grandes na tanatocenose é de 3 %, enquanto que na biocenose esse valor aumenta para 16 %. Já no testemunho Drake 1B, na amostra Recente, a porcentagem de carapaças muito grandes passar de 3 % na tanatocenose para 13 % na biocenose e na amostra 0–2 cm passa de 2 % na tanatocenose para 19 % na biocenose. Em todas as amostras as porcentagens de carapaças de tamanho médio ($125 \mu\text{m} - 250 \mu\text{m}$) diminuem da tanatocenose para a biocenose (figura 74).

Figura 74 - Morfometria das carapaças da tanatocenose e biocenose das amostras recentes (Recente e 0 – 2 cm) coletadas na passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXII.

4.3.4.2 Análise de agrupamento - OPERANTAR XXXII

Foi possível reconhecer 4 grupos a partir o dendrograma gerado pela análise de agrupamento, esses grupos são formados em função da estrutura das associações de foraminíferos das amostras, com nível de corte de 0,60 em similaridade (figura 75).

Figura 75 - Dendrograma baseado na similaridade de Bray-Curtis (com nível de corte indicado pela linha vermelha) das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).

Para elaboração da análise de agrupamento, foram consideradas somente as espécies com frequência relativa $\geq 5\%$, isso devido à grande quantidade de espécies raras que

poderiam interferir no dendrograma resultante. As espécies consideradas como raras estão localizadas no apêndice L. Sendo assim, podemos observar que os fatores determinantes para a formação dos 4 grupos foram a densidade de carapaças, riqueza de espécies e espécies dominantes em cada amostra (figura 75 e tabela 45).

O primeiro grupo reúne amostras da porção basal do testemunho (G1). Logo após, um grupo que também une as amostras da região basal dos dois testemunhos, porém com maior densidade de carapaças (G2). O terceiro grupo é formado pelas amostras da porção intermediária do testemunho (G3). Este por sua vez, foi subdividido, pois a composição das espécies dominantes em cada conjunto de amostras é diferente. E por último, o grupo que une as amostras localizadas na porção recente dos testemunhos (G4), esse grupo é caracterizado pela alta densidade de carapaças e riqueza de espécies (figura 16). As características principais de cada grupo serão detalhadas a seguir:

O grupo G1 é formado por duas amostras, Drake 1 16–18cm e Drake 1 18–20cm, possui a menor densidade de carapaças por 20 cm³ de sedimento, em média 66 indivíduos, além disso a riqueza de espécie também é a mais baixa entre os grupos com em média 20 espécies. As espécies que apresentam as maiores frequências relativas e dominam as amostras são *C. subglobosa* e *P. (L) lepida* (figura 75 e tabela 45).

Tabela 45 - Valores médios e seus respectivos desvios padrão de densidade de foraminíferos por 20 cm³ de sedimento, riqueza de espécies, índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E) e espécies dominantes dos grupos identificados no dendrograma das amostras da passagem do Drake (OPERANTAR XXXII).

Grupo	Densidade (20cm ³)	Riqueza	(1-D)	H'	E	Espécies Dominantes
G1	66 ± 10	20 ± 1	0,94 ± 0	2,86 ± 0,01	0,95 ± 0,02	<i>Cribrostomoides subglobosa</i> e <i>Portatrochammina (L) lepida</i>
G2	143 ± 31	23 ± 2	0,93 ± 0,01	2,87 ± 0,07	0,92 ± 0,01	<i>Cribrostomoides subglobosa</i> e <i>Haplophragmoides canariensis</i>
G3a	247 ± 21	24 ± 2	0,93 ± 0,01	2,89 ± 0,11	0,91 ± 0,02	<i>Deuterammina grisea</i>
G3b	227 ± 24	24 ± 1	0,94 ± 0	3,0 ± 0,01	0,94 ± 0,01	<i>Portatrochammina murrayi</i> e <i>Recurvoidella bradyi</i>
G4	446 ± 8	28 ± 2	0,93 ± 0,01	2,89 ± 0,04	0,87 ± 0,02	<i>Adercotryma glomeratum</i> e <i>Spiroplectammina biformis</i>

O segundo grupo formado (G2) é composto por 6 amostras, sendo elas: Drake 1 10–12cm, Drake 1 12–14cm, Drake 1 14–16cm, Drake 1B 14–16cm, Drake 1B 16–18cm e Drake 1B 18–20cm. Todas as amostras, assim como no grupo G1, estão localizadas na porção basal do testemunho sendo a única diferença entre os dois grupos a densidade de carapaças e riqueza de espécies. A densidade de carapaça no grupo G2 é em média de 143 indivíduos por 20 cm³ de sedimento e a riqueza de espécie com média de 23 espécies. As espécies dominantes são *C. subglobosa* e *H. canariensis* (figura 75 e tabela 45)

O grupo G3 é composto por 9 amostras, todas elas pertencentes a porção intermediária do testemunho. A densidade de carapaças é em média de 230 indivíduos por 20 cm³ de sedimento e a riqueza de 24 espécies em média. As espécies dominantes dentro do grupo são diferentes, desta maneira, houve a necessidade de dividi-lo em dois subgrupos, nomeados como G3a e G3b. O grupo G3a é composto por 4 amostras, sendo elas: Drake 1 2–4 cm, Drake 1 4–6 cm, Drake 1 6–8 cm e Drake 1B 4–6 cm, nas quais *D. grisea* é a espécie dominante em todas as amostras. O grupo G3b é formado por 5 amostras (Drake 1 8–10 cm, Drake 1B 2–4cm, Drake 1B 8–10 cm, Drake 1B 10–12 cm e Drake 1B 12–14 cm) e as espécies dominantes são *P. murrayi* e *R. bradyi*. A amostra Drake 1B 6 – 8 cm ficou distante do grupo por conter mais indivíduos de *R. bradyi*, por esse motivo optou-se em retirá-la do grupo G3 (figura 75 e tabela 45)

O quarto e último grupo (G4) uniu as amostras pertencentes as porções recentes dos dois testemunhos, são elas: Drake 1 Recente, Drake 1 0–2cm, Drake 1B Recente e Drake 1B 0–2cm. A principal característica desse grupo é a alta densidade de carapaças de foraminíferos (em média 446 por 20 cm³ de sedimento) e a alta riqueza de espécies (média de 28 espécies). As espécies dominantes nesse grupo são *A. glomeratum* e *S. biformis* (tabela 45).

Os índices de diversidade e equitatividade foram elevados em todos os grupos, indicando alta diversidade, com baixa dominância de espécies e distribuição homogênea das riquezas. Os índices se mantiveram altos mesmo em grupos com baixa densidade de carapaças, pois também apresentavam baixa riqueza de espécies (grupo G1 por exemplo), fazendo com que os valores dos índices permanecessem próximos nos 4 grupos aqui apresentados (figura 75 e tabela 45)

4.3.4.3 Análises estatísticas multivariadas

Para as análises estatísticas multivariadas as variáveis abióticas utilizadas foram: % areia, % lama e as concentrações de elementos maiores e traço. As variáveis bióticas (foraminíferos) foram consideradas apenas aquelas espécies com frequência relativa $\geq 5\%$, devido a maior presença de espécies raras, as espécies retiradas das análises estatísticas encontram-se no apêndice L.

4.3.4.4 Correlação de Spearman

Os resultados da correlação de Spearman entre as variáveis abióticas e bióticas aqui apresentados serão aqueles que obtiveram correlação significativa (apêndice M). Entre os elementos maiores e traço foram encontradas correlações positivas ($\geq 0,90$) entre os elementos Al, Ca, Fe e Ti ($p < 0,05$). O Mg apresentou correlação positiva (entre 0,70 e 0,89) também com Al, Ca e Fe ($p < 0,05$). O Mn teve correlação positiva com Ni.

Entre as variáveis bióticas, a espécie *T. antarctica* tem correlação positiva e significativa com a espécie *T. primitiva*. As espécies *A. glomeratum*, *E. bullata*, *E. foliaceus*, *L. laguncula*, *P. karica*, *R. bradyi* e *S. biformis*. *E. bullata* também tiveram correlação positiva entre si. *Veloroninoides scitula* apresentou correlação positiva com *D. grisea*.

4.3.4.5 Análise de Componentes Principais (ACP)

O primeiro CP gerado pela ACP (eixo X) explica 27,88 % da variância dos dados. As cargas das variáveis (*loading*) indicaram que cobre (Cu) e chumbo (Pb) são as variáveis mais representativas e associadas ao eixo. O segundo componente principal (CP2) explica 17,79 % da variância entre os dados e está associado ao eixo Y, o *loading* das variáveis indica que alumínio (Al), cálcio (Ca), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), escândio (Sc) e titânio (Ti) são as variáveis mais representativas e estão associadas ao eixo Y (tabela 46).

Tabela 46 - Fatores de carga das variáveis % de lama (Lama), % areia (Areia), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti e Zn), *Adercotryma glomeratum* (Ag), *Alterammina alternans* (Aa), *Cribr stomoides jeffreysii* (Cj), *Cribr stomoides* sp. (Csp), *Cribr stomoides subglobosa* (Cs), *Cystamina pauciloculata* (Cp), *Deuterammina grisea* (Dg), *Earlandammina bullata* (Eb), *Eratidus foliaceus* (Ef), *Haplophragmoides canariensis* (Hc), *Lagenammina difflugiformis* (Ld), *Lagenammina laguncula* (Ll), *Lepidoparatrochammina lepida* (Pl), *Portatrochammina antarctica* (Pa), *Portatrochammina karica* (Pk), *Portatrochammina murrayi* (Pm), *Psammosphaera fusca* (Pf), *Recurvoidella bradyi* (Rb), *Spiroplectammina biformis* (Sb), *Ammoglobigerina pygmaea* (Tpy), para PC1 e PC2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para as amostras da OPERANTAR XXXII. Em destaque cargas $\geq 0,50$

Variável	PC1	PC2
Areia	-0,45	0,36
Lama	0,47	-0,34
Al	-0,01	0,95
As	0,06	0,04
Ca	-0,11	0,92
Cd	0,35	-0,04
Cu	0,72	-0,10
Fe	0,20	0,92
K	-0,38	0,61
Mg	-0,08	0,82
Mn	0,54	-0,03
Ni	0,14	0,04
Pb	0,59	0,13
Sc	0,16	0,60
Ti	0,07	0,97
Zn	0,01	-0,58
Ag	-0,83	0,12
Aa	-0,71	-0,10
Cj	-0,73	0,09
Csp	-0,28	0,39
Cs	-0,29	-0,15
Cp	-0,06	-0,18
Dg	-0,67	0,05
Eb	-0,84	0,01
Ef	-0,89	0,11
Hc	-0,15	0,11
Ld	-0,58	-0,35
Ll	-0,88	0,01
Pl	0,07	-0,14
Pa	-0,32	-0,44
Pk	-0,93	-0,13
Pm	-0,56	-0,13
Rb	-0,62	-0,11
Sb	-0,90	-0,02
Tpy	-0,58	-0,19

Na figura 76, podemos observar que a ACP formou 5 grupos de variáveis. O primeiro grupo (destacado em verde) sugere que os elementos maiores e traço Mg, Ca, Al, Ti, Fe e Sc estão relacionados entre si, sem a presença de outras variáveis bióticas. O segundo grupo (destacado em laranja) sugere que as concentrações de Cd, Mn, Pb e Cu estão relacionadas com a % de lama. O terceiro grupo, destacado em vermelho, sugere que *H. canariensis*, *C.*

subglobosa, *P. antarctica*, *C. pauciloculata* e *L. lepida* estão relacionadas com as concentrações de As, Ni e Zn. Destacado em cinza, o quarto grupo sugere que *Cribr stomoides* sp. estão relacionados com as concentrações de K e % de areia. O último grupo (destacado em azul), uniu somente variáveis bióticas, sugerindo que as espécies de foraminíferos pertencentes a esse grupo não apresentam relação com as demais variáveis abióticas.

Figura 76 - Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis % de lama, % areia, elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn), *Adercotryma glomeratum* (Ag), *Alterammina alternans* (Aa), *Cribr stomoides jeffreysii* (Cj), *Cribr stomoides* sp. (Csp), *Cribr stomoides subglobosa* (Cs), *Cystammina pauciloculata* (Cp), *Deuterammina grisea* (Dg), *Earlandammina bullata* (Eb), *Eratidus foliaceus* (Ef), *Haplophragmoides canariensis* (Hc), *Lagenammina difflugiformis* (Ld), *Lagenammina laguncula* (Ll), *Lepidoparatrochammina lepida* (Pl), *Portatrochammina antarctica* (Pa), *Portatrochammina karica* (Pk), *Portatrochammina murrayi* (Pm), *Psammospaera fusca* (Pf), *Recurvoidella bradyi* (Rb), *Spiroplectammina bififormis* (Sb), *Ammoglobigerina pygmaea* (Tpy) para as amostras da OPERANTAR XXXII.

4.4 Drake: síntese das análises microfaunísticas

Em relação à composição de espécies, as duas campanhas apresentaram grande diversidade, sendo que na OPXXXI ocorreram diversas espécies calcárias, como por exemplo, *E. exigua* e *B. pacifica* que apresentam abundância alta, dominando nas porções recentes dos testemunhos. Nas amostras dos testemunhos da OPXXXII, as espécies calcárias não apresentaram abundância de espécies ou dominância em nenhuma das amostras (tabela 47).

Tabela 47 - Síntese das análises microfaunísticas dos pontos amostrais da OPERANTAR XXXI e OPERANTAR XXXII, com profundidade (m), densidade em 20 cm³ de sedimento, riqueza de espécies (S), espécies aglutinantes e espécies calcárias.

Testemunho	Profundidade (m)	Densidade (20cm ³)	Riqueza (S)	Espécies Aglutinantes	Espécies Calcárias
DR1	490	1.604	74	51	21
DR2	492	1.649	77	49	28
DR3	483	1.507	57	44	13
DR4	472	1.583	63	46	17
DR5	486	1.502	56	47	9
Drake 1	3.700	2.832	94	89	5
Drake 1B	3.850	3.354	82	74	8

As 160 espécies identificadas na Passagem do Drake (apêndices A, B, J e K) foram classificadas de acordo com seu microhabitat (apêndice N). Podemos observar que no geral há um equilíbrio na distribuição das espécies epifaunais e infaunais. As espécies epifaunais representam 53 %, as infaunais 45,6 % e as planctônicas apenas 1,25 % da fauna total da OPXXXI e OPXXXII (tabela 48).

Entre as 115 espécies identificadas na OPXXXI, 62 são epifaunais (53,91 %), 50 apresentam hábito infaunal (43,47 %) e 2 espécies planctônicas (1,73 %). Já na OPXXXII foram identificadas um total de 107 espécies, nas quais 53 são de hábito epifaunal (58,87%) e 44 infaunais (41,12 %), não foram identificadas espécies planctônicas (tabela 48).

Tabela 48 - Porcentagem de espécies epifaunais, infaunais e planctônicas (tanatocenose) dos testemunhos coletados durante a OPRANTAR XXXI e XXXII na Passagem do Drake.

Microhabitat	Epifauna (%)	Infauna (%)	Planctônico (%)
DR1	58,9	39,7	1,3
DR2	50	46	2,63
DR3	60,7	37,5	1,7
DR4	61,2	37	1,6
DR5	60	40	0
Drake 1	61,7	37	0
Drake 1B	61,1	38,9	0

Ao separarmos a biocenose da tanatocenose nas amostras recentes (Recente e 0–2 cm), e as espécies epifaunais continuam sendo maioria nas duas análises. Podemos observar que tanto na tanatocenose quanto na biocenose a riqueza de espécies epifaunais é maior, porém, há um aumento expressivo na quantidade de espécies epifaunais na tanatocenose (tabela 49). A densidade de carapaças de foraminíferos epifaunais e infaunais também é diferente quando observamos a biocenose separadamente da tanatocenose. Conforme mostrado na tabela 49, a densidade relativa de carapaças com hábitos epifaunais é maior do que as com hábitos infaunais em ambas as campanhas. Porém observa-se que na OPXXXII a densidade relativa de carapaças epifaunais é maior do que na OP XXXI (tabela 49 e 50).

Tabela 49 - Riqueza de espécies epifaunais e infaunais entre a biocenose e a tanatocenose das amostras recentes (Recente e 0- 2 cm) coletadas na Passagem do Drake durante a OPXXXI e OPXXXII.

Testemunhos	Biocenose			Tanatocenose		
	Total de espécie	Epifaunal	Infaunal	Total de espécie	Epifaunal	Infaunal
DR1	37	21	16	59	34	24
DR2	43	25	18	52	26	25
DR3	43	30	14	44	27	15
DR4	46	28	14	53	34	18
DR5	43	27	16	45	29	16
Drake 1	48	32	16	72	47	25
Drake 1B	51	33	17	68	42	26

As espécies epifaunais que apresentam a maior densidade relativa (>20 %) na OPXXXI são: *A. glomeratum*, *C. jeffreysii*, *D. grisea* e *E. exigua*. Já as espécies infaunais que apresentaram as maiores frequências relativas (>20 %) são: *Bolivinelina pacifica*, *Fursenkoina riggii* e *Haplophragmoides canariensis*. Como já esperado, não foram encontradas quantidade expressiva de espécies planctônicas, somente poucos indivíduos da

espécie *Neogloboquadrina pachyderma*, sua densidade não passou de 3 carapaças, com frequência relativa $< 1\%$ na análise da tanatocenose (testemunho DR4).

Já na OPXXXII, as espécies epifaunais com maior densidade são ($>10\%$): *C. subglobosa*, *E. bullata*, *E. foliaceus* e *S. biformis*. As espécies infaunais mais abundantes foram: *Lagenammia laguncula* e *Cystammia pauciloculata*, ambas as espécies apresentaram abundância relativa $< 10\%$. Nenhuma espécie infaunal apresentou frequência $> 20\%$.

Tabela 50 - Diferença entre biocenose e tanatocenose da densidade relativa das espécies epifaunais e infaunais das amostras recentes (Recente e 0- 2 cm) coletadas na Passagem do Drake durante a OPXXXI e OPXXXII.

Testemunhos	Biocenose		Tanatocenose	
	Epifaunal	Infaunal	Epifaunal	Infaunal
DR1	77,96%	22,04%	80,79%	19%
DR2	72,44%	27,21%	87,50%	12,33%
DR3	78,75%	21,25%	82,22%	17,55%
DR4	86,14%	13,86%	83,48%	15,88%
DR5	71,63%	28,37%	77,41%	22,59%
Drake 1	83,53%	16,47%	84,81%	15,19%
Drake 1B	81,98%	18,02%	78,93%	21,07%

Podemos notar que no testemunho DR4 a quantidade de carapaças epifaunais tem um aumento na porcentagem, isso deve-se a dominância de *E. exigua*, espécie epifaunal que apresentam frequência relativa $>$ de 45% nas amostras recentes (biocenose). Esse comportamento não foi evidenciado nos resultados de tanatocenose pois *E. exigua* não apresenta dominância (tabela 50).

O índice de diversidade de Simpson (1-D) também se comporta de maneiras diferentes nas duas campanhas. Nas amostras da OPXXXI podemos observar aumento do índice da base em direção ao topo. Quanto mais próximo a base os valores do índice de Simpson diminuem, indicando diminuição da diversidade e aumento da dominância de espécies tabela 51. Na OPXXXII o índice não se comporta da mesma forma. Os valores são relativamente semelhantes em todas as profundidades. Isso devido ao fato da diminuição da riqueza juntamente com a densidade de carapaças, fazendo com que o índice de Simpson de mantenham altos em todas as amostras dos testemunhos da OPXXXII (tabela 51).

Tabela 51 – Índice de diversidade de Simpson (1-D) das amostras coletadas na Passagem de Drake, Antártica. Sendo OPXXXI realizado em 2013 e OPXXXII realizada em 2014. Onde: D1 = Drake 1, D1B = Drake 1B, T = valores na tanatocenose e B = valores na biocenose.

Amostra	OPXXXI					OPXXXII	
	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	D1	D1B
Recente	T.0,94/B.0,93	T.0,89/B.0,84	T.0,92/B.0,91	T.0,86/B.0,77	T.0,89/B.0,90	T.0,94/B.0,93	T.0,95/B.0,94
0-2 cm	T.0,92/B.0,80	T.0,88/B.0,92	T.0,90/B.0,93	T.0,92/B.0,89	T.0,91/B.0,93	T.0,94/B.0,95	T.0,95/B.0,94
2-4 cm	T.0,89	T.0,92	T.0,93	T.0,90	T.0,91	T.0,94	T.0,95
4-6 cm	T.0,88	T.0,91	T.0,90	T.0,88	T.0,88	T.0,95	T.0,95
6-8 cm	T.0,86	T.0,86	T.0,87	T.0,91	T.0,90	T.0,95	T.0,95
8-10 cm	T.0,61					T.0,95	T.0,95
10-12 cm	T.0,79					T.0,94	T.0,95
12-14 cm						T.0,94	T.0,95
14-16 cm						T.0,94	T.0,94
16-18 cm						T.0,94	T.0,94
18-12 cm						T.0,94	T.0,93

Já o índice de dominância de Shannon (H') por ser mais sensível a presença de espécies raras mostrou-se mais eficiente para indicar a diversidade nas amostras pertencentes ao testemunho da OPXXXII. Conforme mostrado na tabela 52, o valor do índice de Shannon aumentou em direção ao topo em todos os testemunhos. A escolha de H' para indicar a diversidade e dominância nas amostras deve-se a grande riqueza de espécies e a baixa dominância (tabela 52).

Tabela 52 - Índice de diversidade de Shannon (H') das amostras coletadas na Passagem de Drake, Antártica. Sendo OPXXXI realizado em 2013 e OPXXXII realizada em 2014. Onde: D1 = Drake 1, D1B = Drake 1B, T = valores na tanatocenose e B = valores na biocenose.

Amostra	OPXXXI					OPXXXII	
	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	D1	D1B
Recente	T.3,00/B.3,32	T.2,72/B.2,52	T.3,00/B.2,80	T.2,70/B.2,44	T.2,67/B.2,71	T.3,37/B.3,10	T.3,44/B.3,24
0-2 cm	T.2,96/B.2,28	T.2,69/B.2,91	T.2,70/B.3,00	T.3,01/B.2,70	T.2,85/B.3,05	T.3,96/B.3,29	T.3,43/B.3,35
2-4 cm	T.2,63	T.2,98	T.3,00	T.2,78	T.2,86	T.3,22	T.3,39
4-6 cm	T.2,60	T.2,88	T.2,76	T.2,68	T.2,58	T.3,35	T.3,27
6-8 cm	T.2,27	T.2,45	T.2,49	T.2,76	T.2,73	T.3,40	T.3,37
8-10 cm	T.1,46					T.3,33	T.3,32
10-12 cm	T.1,91					T.3,13	T.3,27
12-14 cm						T.3,21	T.3,23
14-16 cm						T.3,10	T.3,07
16-18 cm						T.2,99	T.3,16
18-12 cm						T.3,11	T.3,04

A equitatividade das amostras coletadas na Passagem do Drake mostra como as abundâncias estão distribuídas ao longo de todo o testemunho. Podemos observar que grande parte dos valores de E são elevados (> 0,70) indicando uma distribuição homogênea das

espécies, com baixa dominância. O menor valor de E foi na amostra DR4 Recente, onde há dominância de *E. exigua* (frequência relativa 45 %). Na OPXXXI os valores de E permaneceram muito próximos, com baixa amplitude de variação, de modo geral podemos afirmar que houve uma diminuição do índice em direção ao topo do testemunho, devido dominância de espécies calcárias nas amostras de topo. Já na OPXXXII os valores de E apresentaram uma maior amplitude de variação, com diminuição gradativa em direção ao topo do testemunho, ocasionado pela dominância de *S. biformis* nas amostras recentes (tabela 53).

Tabela 53 - Índice de equitatividade (E) das amostras coletadas na Passagem de Drake, Antártica. Sendo OPXXXI realizado em 2013 e OPXXXII realizada em 2014. Onde: D1 = Drake 1, D1B = Drake 1B, T = valores na tanatocenose e B = valores na biocenose.

Amostra	OPXXXI					OPXXXII	
	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	D1	D1B
Recente	T.0,86/B.0,89	T.0,74/B.0,73	T.0,84/B.0,82	T.0,72/B.0,68	T.0,76/B.0,84	T.0,84/B.0,86	T.0,85/B.0,89
0-2 cm	T.0,83/B.0,73	T.0,77/B.0,86	T.0,81/B.0,88	T.0,84/B.0,83	T.0,83/B.0,86	T.0,82/B.0,91	T.0,86/B.0,88
2-4 cm	T.0,78	T.0,81	T.0,83	T.0,79	T.0,81	T.0,86	T.0,90
4-6 cm	T.0,79	T.0,83	T.0,80	T.0,78	T.0,78	T.0,86	T.0,88
6-8 cm	T.0,77	T.0,76	T.0,75	T.0,79	T.0,79	T.0,89	0,88
8-10 cm	T.0,57					T.0,90	T.0,90
10-12 cm	T.0,79					T.0,90	T.0,90
12-14 cm						T.0,89	T.0,90
14-16 cm						T.0,92	T.0,90
16-18 cm						T.0,95	T.0,90
18-20 cm						T.0,92	T.0,88

Os índices de diversidade permaneceram muito próximos entre a biocenose e a tanatocenose devido a composição de espécies, embora sejam diferentes elas mantêm a mesma estrutura, com alta diversidade e densidade nas análises de tanatocenose e menor densidade e riqueza de espécies na biocenose.

4.5 Morfometria de *A. glomeratum*

Ao observarmos que as espécies da OPXXXII apresentavam carapaças mais robustas e aglutinavam grãos aparentemente mais grossos em suas carapaças, foi realizado a morfometria de *A. glomeratum* com o objetivo de verificar se havia diferença do tamanho da carapaça de uma mesma espécie entre as duas campanhas. *A. glomeratum* foi escolhida pois é a única espécie abundante em ambas as OPERANTAR, possibilitando a coleta de ao menos 100 indivíduos por amostra. Desta maneira foi realizada análise de morfometria, de 100 carapaças vivas (coradas com rosa de bengala) de *A. glomeratum* das amostras recentes (Recente e 0–2 cm) dos 5 testemunhos da OPXXXI e dos 2 testemunhos da OPXXXII.

Os espécimes de *A. glomeratum* da OPXXXI apresentam tamanho que varia entre 125 e 250 μm , sendo classificadas como pequenas e médias, não foram encontradas carapaças com tamanho grande ou muito grande. A distribuição dos tamanhos variou conforme o testemunho, no DR1 foram medidas total de 86 carapaças, no qual 45,35 % foram classificadas como pequenas e 54,65 % como médias. No testemunho DR2 foram medidas 81 carapaças, no qual 56,79 % são pequenas e 43,21 % médias. No testemunho DR3 foram medidas um total de 102 carapaças no qual 65,69 % foram classificadas como pequenas e 34,31 % como médias. No DR4 um total de 81 carapaças foram medidas, no qual 37,04 % são pequenas e 62,96 % são médias. No DR5 um total de 106 carapaças foram medidas onde 55,66 % são pequenas e 44,34 % são médias (tabela 54 e figura 77).

Já os espécimes de *A. glomeratum* da OPXXXII apresentaram variação de tamanho de 125 a 500 μm , sendo classificados como pequenos, médios e grandes, não foram encontradas carapaças com tamanho muito grande. Como esta campanha apresenta uma densidade de foraminíferos menor, não foi possível coletar acima de 100 indivíduos vivos, mesmo após a triagem de 40 cm^3 de sedimento. Desta forma, no testemunho Drake 1 foram medidas um total de 37 carapaças de *A. glomeratum*, dos quais 8,11 % são de tamanho pequeno, 83,78 % de tamanho médio e 8,11 % grande. No testemunho Drake 1B foram medidos um total de 69 carapaças, no qual 31,88 % são pequenas, 62,32 % são médias e 5,80 % grandes (tabela 54 e figura 77).

Tabela 54 - Morfometria de *A. glomeratum* nos testemunhos coletados na Passagem do Drake.

Adercotryma glomeratum	OPXXXI					OPXXXII	
	DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	Drake 1	Drake 1B
Carapaças medidas	86	81	102	81	106	37	69
Pequenas (<125 μm)	45,35%	56,79%	65,69%	37,04%	55,66%	8,11%	31,88%
Médias (125-250 μm)	54,65%	43,21%	34,31%	62,96%	44,34%	83,78%	62,32%
Grandes (250-500 μm)	.	.	.	.	.	8,11%	5,80%
Muito grandes (>500 μm)	.	.	.	.	.	.	.

Para apresentar um número amostral estatisticamente aceitável entre as duas campanhas, as carapaças dos dois testemunhos pertencentes a OPXXXII foram somadas, formando um só grupo nomeado como OPXXXII. Desta forma, para melhor comparação dos resultados, as carapaças de *A. glomeratum* dos testemunhos pertencentes a OPXXXI também foram somadas, formando um só grupo nomeado como OPXXXI, para então realizar as análises estatísticas.

Figura 77 - Morfometria das carapaças de *A. glomeratum* dos testemunhos pertencentes a OPXXXI e OPXXXII coletados na Passagem do Drake.

Para validar a diferença de tamanho entre os dois grupos foi realizado um teste *t student*, pelo qual verificou-se que há diferença estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre o tamanho das carapaças das duas regiões estudadas. Os dois grupos apresentam diferenças de tamanho, onde as carapaças de *A. glomeratum* pertencentes a OPXXXI são menores que as carapaças de *A. glomeratum* da OPXXXII.

5 DISCUSSÃO

5.1 Ilha de Marambio – OPXXIX (2011)

De acordo com dados da literatura, a ocorrência ou ausência de foraminíferos antárticos nos mares de Scotia e de Weddell está fortemente associada à interação entre vários parâmetros físico-químicos ambientais, como por exemplo, batimetria, disponibilidade de CaCO_3 (proximidade da zona de compensação de carbonato de cálcio - ZCC), granulometria, energia de fundo, disponibilidade de oxigênio, concentração e qualidade da matéria orgânica (ANDERSON, 1976; ENGE et al., 2012; FONTANIER et al., 2003; GOODAY, 1994; ISHMAN& DOMACK, 1994; KENNETT, 1968; MACKENSEN et al., 1990; MURRAY; PUDSEY, 2004; RODRIGUES et al., 2015; SZAREK et al., 2007; WOLLENBURG; KUHNT, 2000).

Na área P, não foram encontrados organismos da meiofauna, nem foraminíferos, excetuando-se uma amostra, em que foram observados alguns ostracodes vivos. Ressalta-se para se ter certeza de que não havia organismos, foram realizados processos de análise densimétrica por flutuação-afundamento em tricloroetileno (método tradicional) e por sílica coloidal (Ludox[®] TM-50), bem como triado o sedimento à úmido (sem utilização de líquidos densos). Essa ausência de organismos pode estar relacionada ao padrão de hidrodinamismo da área e aos fatores meteorológicos, conforme mostrado a seguir. Apesar dos pontos amostrais da área P estarem localizados próximos a uma planície de maré, a Enseada de Bertodano é muito exposta à correntes costeiras, cuja energia de fundo é acentuada, com passagem de frentes frias que remobilizam enormes blocos de gelo vindo de Norte e Nordeste.

No dia da coleta, a área P apresentava grande quantidade de blocos de gelo provindos da ilha, devido à tempestade ocorrida no dia anterior. Essa tempestade com fortes ventos, acentuou a energia de fundo local, transportando grande parte do sedimento fino para regiões mais distante da costa. O transporte das frações finas e a predominância de areia média a fina no local provavelmente deve ter impedido a permanência de organismos bentônicos sensíveis a essas condições. Entre esses organismos estão os foraminíferos, principalmente, os monotalâmicos, que são dotados de frágil carapaça orgânica e que preferem regiões com baixa hidrodinâmica, com sedimentos de granulometria fina (GOODAY, 2002).

O transporte das frações finas do sedimento, ocasionado pela tempestade, também deve ter sido responsável pelas baixas concentrações de elementos maiores e traço na área P. Grande parte dos elementos maiores e traço são adsorvidos pelas partículas de argila que ao serem transportadas resultaram em baixas concentrações no sedimento arenoso (ANDERSON et al., 1980).

A amostra P18 sofreu menor influência do grande aporte de blocos de gelo que possibilitou uma maior concentração dos teores de lama no sedimento. Além disso, essa amostra apresentou maiores concentrações de CaCO_3 (5,65 %) e oxigênio dissolvido (18,79 mg L^{-1}). Essas condições podem ter possibilitado a presença de ostracodes, que além de estarem vivos (corados com rosa de bengala) apresentavam duas valvas preservadas, indicando baixa hidrodinâmica das águas de fundo (DULEBA, et al, 2005)

A área B, por sua vez, apresenta outro padrão de sedimentação e dinâmica costeira. Grande parte das amostras da área B é classificada como areia siltica ou silte arenoso, apresentando altos teores das frações de silte e areia muito fina. A área B está situada na região entre o Cabo Boadman e Estreito de Arguindeguy, que apresenta energia de fundo mais amena. Devido a isso, deve haver maior probabilidade da sedimentação de sedimentos mais finos, com teores mais elevados de elementos maiores e traço, que favorecem a colonização de foraminíferos, principalmente, de monotalâmicos.

Na área P e B os parâmetros físico-químicos (profundidade, temperatura, pH, salinidade, oxigênio dissolvido e % CaCO_3) e nutrientes (C_{org} , N_{total} e S_{total}) são muito semelhantes, o que nos permite inferir que, provavelmente, a condição hidrodinâmica deve ter sido um dos fatores limitantes para os foraminíferos.

São classificados como monotalâmicos aqueles foraminíferos que possuem apenas uma câmara, podendo ser aglutinante (Saccamminidea e Psammosphaeridea) ou orgânica (Allogromiidea) (GOODAY, 2002). Devido a sua grande diversidade a identificação e classificação dos allogromiídeos é imprecisa, muitas vezes chegando somente a morfoespécies (PAWLOWSKI, 2013). Os allogromiídeos da área B da Ilha de Marambio foram classificados em morfoespécies, conforme o trabalho de Majewski et al. (2007), tendo sido identificados 1) allogromiídeos tipo 1 (formas alongadas), 2) allogromiídeos tipo 2 (*sausage-like*) e 3) allogromiídeos indeterminados. Foram também identificados allogromiídeos esféricos revestidos por uma camada de lama, no qual foram classificados como “*mudballs*”, nomenclatura tradicionalmente usada em trabalhos com allogromiídeos em regiões abissais ou polares (CORNELIUS e GOODAY, 2004; GOODAY et al., 1995; GOODAY et al., 1996; GOODAY et al., 2005; HABURA et al., 2004; MAJEWSKI et al., 2007).

Para dar início a discussão sobre as associações de foraminíferos, as principais espécies foram divididas em dois grandes grupos taxonômicos. O primeiro grupo chamado de Allogromiídeos são representados por espécies pertencentes à ordem Allogromiida (*e.g.*, *Allogromia ovoidea*, allogromiídeos indeterminados, allogromiídeos tipo 1 e *Mudballs*). O

segundo grupo chamado de Aglutinantes é representado pelas espécies pertencentes a ordem Astorhizida (e.g., *Lagenammia* sp., *Portatrochammia eltaninae*, *Psammosphaera fusca* e *Psammosphaga magnetica*).

Majewski et al. (2007), afirmam que em regiões rasas com isolamento hidrográfico e grande influência de água de degelo na Baía do Almirantado, região da PA, a diversidade de foraminíferos monotalâmicos com carapaça orgânica costuma ser maior em termos de composição taxonômica. A área B na região da Ilha de Marambio, apresenta condições similares as descritas por Majewski et al (2007), assim como grande diversidade de foraminíferos monotalâmicos com carapaça orgânica, principalmente os pertencentes a ordem Allogromiida.

Gooday e Turley (1990) afirmam que a densidade de allogromídeos pode variar conforme flutuações da concentração de matéria orgânica no sedimento. Por habitarem o até 1cm do sedimento (GOLDSTEIN et al., 1995; NYHOLM, 1955), os allogromídeos sofrem influência direta da matéria orgânica depositada no assoalho oceânico, principalmente fitodetritos (GOODAY, 1990). Na área B da ilha de Marambio as amostras com maiores porcentagens de carbono orgânico também apresentaram dominância de allogromídeos, corroborando, portanto, com as observações de Gooday (1990).

Além de sensíveis às condições hidrodinâmicas severas e apresentarem preferência por sedimentos lamosos e ricos em matéria orgânica, os foraminíferos monotalâmicos com carapaça orgânica não são tolerantes a ambientes anóxicos (GOODAY, 2000; MOODLEY et al., 1997). Esses organismos são mais sensíveis a gradientes de oxigênio, quando comparados a foraminíferos calcários. Um estudo feito por Gooday et al., (2000) mostra que em regiões com pouco oxigênio, os allogromídeos representavam menos que 3 % da associação de foraminíferos vivos, com riqueza de apenas 10 espécies em um total de 64. Já em regiões com maior concentração de oxigênio, os allogromídeos representaram 35 % da associação de foraminíferos, com riqueza de 38 espécies em um total de 158. Em laboratório, Moodley et al., (1998) relataram que foraminíferos com carapaça orgânica têm a capacidade de migrar na coluna sedimentar à procura de oxigênio. As amostras B11 e B12 da Ilha de Marambio apresentam as maiores concentrações de oxigênio dissolvido na água de fundo, juntamente com alta densidade e dominância de allogromídeos (*Allogromia ovoidea*, Allogromídeos tipo 1 e 2). Esses resultados mostram que assim como os allogromídeos estudados por Gooday et al. (2000) no Mar Árábico e os testes feitos em laboratório por Moodley et al.

(1998), os foraminíferos monotalâmicos da região de Marambio também mostraram preferência por regiões com maiores concentrações de oxigênio no sedimento.

Os valores da razão C/S (0,5 a 9,8) indicam deposição de sedimentos óxicos a anóxicos, sob coluna d'água na maior parte óxica, com hipóxia periódica. As amostras como B5 e B18 apresentam valores de razão C/S que indicam sedimento e coluna d'água anóxicos (apesar dos valores de oxigênio dados da coluna d'água no dia da coleta não ter indicado isto, provavelmente devido à tempestade do dia anterior). A amostra B5 apresenta uma das densidades mais baixa dentre todas da área B (146 indivíduos/20cm³), assim como baixa diversidade de espécies (1-D = 0,76). Já a amostra B18, tem alta densidade de foraminíferos (371 indivíduos/20cm³), com baixa diversidade (1-D = 0,76), riqueza e dominância de *Allogromia ovoidea*. A diminuição da densidade de foraminíferos, juntamente com baixa riqueza e alta dominância de espécies (principalmente em relação a allogromídeos) tem relação direta as condições redox do ambiente (GOODAY et al., 2000).

As condições ambientais da área B da Ilha de Marambio proporcionam ambiente que favorece a colonização do sedimento por allogromídeos. Já a ausência de foraminíferos calcários nessa região têm relação direta com a baixa concentração de CaCO₃ no sedimento. Os foraminíferos aglutinantes foram constantes, apresentando variação da densidade entre as amostras. A riqueza das espécies aglutinantes foi baixa, sendo as espécies mais representativas (frequência relativa > 3 %): *Lagenammina* sp., *Portatrochammina eltaninae*, *Psammosphaera fusca* e *Psammosphaga magnetica*.

Vários estudos realizados com foraminíferos monotalâmicos, em regiões frias (e.g., Ártico, fjords da Noruega e Escócia, zonas abissais do Pacífico e Mediterrâneo), têm relatado alterações da composição das associações em relação a gradiente batimétrico (BOWSER et al., 2002; CORNELIUS e GOODAY, 2004; ENGE et al., 2012; GOINEAU e GOODAY, 2015; GOODAY et al., 1996; GOODAY et al., 2004; GOODAY et al., 2005; HANNAH e ROGERSON, 1997; LAKIN e GOODAY, 2019; MAJEWSKI et al., 2005; MAJEWSKI et al., 2007; SABBATINI et al., 2002; SABBATINI et al., 2007). Contudo, a maioria desses estudos refere-se à levantamento e descrição das associações, discutindo brevemente a relação das espécies com outros parâmetros abióticos.

Realmente, constata-se que há escassez de estudos na literatura que relacionem associações de monotalâmicos com outros fatores ambientais abióticos que não sejam a profundidade, como condições redox e disponibilidade de nutrientes. A relação de foraminíferos monotalâmicos com elementos maiores e traço, por exemplo, ainda é pouco

estudada e os resultados provenientes dessa relação são inéditos em regiões polares como a Antártica. A região da Ilha de Marambio sofre influência direta de emissões de hidrato de gás, o que pode enriquecer o sedimento com elementos provenientes dessas emissões. Ainda pouco se sabe qual a relação de foraminíferos monotelêmicos com diferentes concentrações de elementos maiores e traço e qual a resposta desses organismos a concentrações elevadas no sedimento.

Em algumas amostras, em especial a amostra B10 da Ilha de Marambio, os valores das concentrações de elementos maiores e traço são mais elevados quando comparadas as demais amostras da mesma região. Nessa amostra há maior densidade de organismos monotelêmicos, com dominância de *P. magnetica*, que representa 49% dos foraminíferos encontrados. Essa relação de *P. magnetica* com elementos como As, Ca, Cu, Fe, K e Pb, pode indicar que a colonização da espécie é facilitada em sedimentos ricos em elementos químicos e nutrientes. Vale ressaltar que *P. magnetica* é uma espécie endêmica da região antártica (PAWLOWSKI e MAJEWSKI, 2011). Porém, até o momento, não há trabalhos na literatura que cite a correlação dessa espécie com concentrações de elementos maiores e traço. Os resultados apresentados neste trabalho, contribuem para fornecer dados ecológicos inéditos da referida espécie.

Outra amostra que apresentou concentrações mais elevadas de Ca, Mg, Mn, Sc e Ti é a amostra B13, que apresentou uma associação de foraminíferos dominada por espécies aglutinantes com carapaças resistentes, com baixa densidade e diversidade de allogromídeos. Espécies como *Lagenammina* sp e *P. eltaninae* apresentam caráter oportunistas e grande resistência a mudanças ambientais, como concentrações de elementos maiores e traço, disponibilidade de nutrientes e condições físico-químicas adversas às demais espécies mais sensíveis a variações ambientais (e.g., espécies de *Allogromia*) (BELLA et al., 2016). Possivelmente espécies mais resistentes como *Lagenammina* sp. e *P. eltaninae* estejam ocupando os nichos ecológicos de espécies mais sensíveis (allogromídeos), e possuem a capacidade de colonizar ambientes com altos valores de elementos maiores e traço como Ca, Mg, Mn, Sc e Ti. Apesar de mais resistentes, as espécies com carapaças aglutinantes duras também podem responder às variações físico-químicas. Segundo a análise de ACP, a espécie *P. fusca* apresentou relação com oxigênio dissolvido no sedimento e profundidade, sendo dominante nas amostras B7 e B2, nas quais os valores de oxigênio dissolvido são os mais elevados entre todas as amostras.

Os resultados sugeridos pela ACP também indicam que espécies de Allogromídeos Tipo 1 apresentam uma relação com porcentagem de areia no sedimento, assim como as concentrações de Cd e Ti. Nas amostras em que o sedimento é mais arenoso e as concentrações de Cd e Ti são mais elevadas (B7 e B15), a densidade de Allogromídeos Tipo 1 é maior. Esse comportamento de Allogromídeos Tipo 1 nos indica que esse grupo de organismos pode ser mais resistente a ambientes com condições adversas, comportamento diferente daquele reportado por Majewski e colaboradores (2007), onde as espécies de allogromídeos apresentam preferência por sedimentos lamosos.

Com base nos resultados obtidos por meio da ACP, pode-se inferir que somente Cd e Ti apresentaram relação com as associações de foraminíferos na área B da Ilha de Marambio. As concentrações de elementos maiores e traço na área B da Ilha de Marambio apresentaram valores baixos, muito próximos aos já encontrados em outras regiões da Antártica (ANGINO, 1965; WAHEED; QURESHI, 2001) sem influência antrópica ou hidrotermal, o que nos permite inferir que as variáveis que moldam a estrutura das associações de foraminíferos são aquelas relacionadas a fatores físico-químicos e disponibilidade de nutrientes como: granulometria (% de lama), concentrações de C_{org} , % de $CaCO_3$, oxigênio dissolvido no sedimento e profundidade da coluna d'água.

Mesmo a região sendo influenciada por emanções de hidrato de gás, os resultados apresentados aqui mostram que o sedimento possui baixas concentrações de elementos maiores e traço, principalmente de elementos que em geral, estão em maiores concentrações em regiões próximas a emanções de hidrato de gás (LOWELL, 1995). Esses baixos valores devem estar relacionados à tempestade ocorrida no dia anterior. De acordo com as análises multivariadas, as variáveis que mais influenciaram a estrutura das associações de foraminíferos da região da Ilha de Marambio foram: profundidade, granulometria, disponibilidade de oxigênio dissolvido, % de $CaCO_3$ e % C_{org} do sedimento.

5.2 Passagem do Drake – OPXXXI (2013)

O sedimento das amostras do Drake da campanha de 2013 é predominantemente arenoso, com predominância nas classes de areia fina e muito fina, pobremente selecionados, que sugere ambiente com energia de fundo moderada na região. Contudo, na base do testemunho há presença de grânulos, que tendem diminuir rumo ao topo. Tal resultado permite inferir períodos de com hidrodinâmica mais intensa (HUNEKE; MULDER; 2011). As associações de foraminíferos das amostras nas bases dos testemunhos são dominadas por

espécies oportunistas que possuem a capacidade de habitar ambientes com alta hidrodinâmica (BELLA et al., 2016; ERNST e ZWAAN, 2004; FONTANIER et al., 2002; GOODAY, 1988; GOODAY; TURLEY, 1990; HARLOFF; MACKENSEN, 1997; KURBJEWIT et al., 2000).

Rodrigues et al., (2015), em um trabalho realizado com foraminíferos bentônicos da Baía do Almirantado, na PA, indicaram uma correlação positiva de *L. lepida* com sedimentos mais grossos, nitrato dissolvido e grande quantidade de matéria orgânica no sedimento. Em todas as amostras onde o sedimento era composto por grãos de cascalho e areia, havia uma dominância dessa espécie. Já em amostras com alta concentração de silte e argila *L. lepida* deixava de ser abundante, apresentando, portanto, correlação negativa com sedimentos finos (RODRIGUES; BRAGA; EICHLER, 2015). Em contrapartida, *A. glomeratum* apresentou comportamento inverso, ou seja, correlação positiva com sedimentos finos (silte e argila) e diminuição da abundância em sedimentos mais grossos (RODRIGUES; BRAGA; EICHLER, 2015). Esse mesmo padrão também pode ser observado nas amostras do testemunho DR1, em que a abundância de *P. lepida* e *A. glomeratum* são sempre inversamente proporcionais à diminuição das porcentagens de lama e areia, respectivamente.

De um modo geral, o sedimento da Passagem do Drake apresenta baixas concentrações de elementos maiores e traço. O sedimento é empobrecido de Ar, Cd, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti e Zn, todos esses elementos apresentaram concentrações muito abaixo dos valores referência observados por Turekian e Wedepohl (1966). Já os elementos Al, Ca, Fe, P e Mg, considerados micronutrientes (NELSON; COX, 2011), apresentam concentrações semelhantes com às de Turekian e Wedepohl (1966). Esses resultados mostram que a região onde foram coletadas as amostras da OPERANTAR XXXI condizem com o esperado em sedimentos marinhos de mar profundo com baixa concentração de CaCO_3 . Ao compararmos os resultados das concentrações de elementos maiores e traço com outros trabalhos realizados na Antártica podemos observar que os sedimentos das amostras da Passagem do Drake apresentam baixas concentrações de Al, Cu, Mn, Ni e Ti, e as concentrações de Fe são bem similares às encontradas na região do Mar de Ross, com profundidade similar a das amostras da Passagem do Drake (ANGINO; ANDREWS, 1965).

Outro trabalho realizado no Mar de Riise-Larsen na Antártica, apresentou as concentrações Al, Ba, P, Mg, Sc duas vezes maiores do que as encontradas na Passagem do Drake (WAHEED; QURESHI, 2001). Já as concentrações de Fe e Zn são similares as reportadas. Vale ressaltar que as amostras coletadas no Mar de Riise Larsen estão localizadas

próximo a regiões costeiras, e apesar de serem de região profunda sofrem influência do aporte vindos do continente (WAHEED; QURESHI, 2001).

Grande parte das espécies (*e.g.*, *A. glomeratum*, *D. grisea*, *L. lepida*, *C. jeffreysii* e *E. exigua*) que compõe as tanatocenoses do Drake são oportunistas, com grande plasticidade para colonizar ambientes e com ampla tolerância a variáveis ambientais. As espécies *A. glomeratum*, *D. grisea*, *L. lepida*, *C. jeffreysii* e *E. exigua* são cosmopolitas e apresentam comportamento generalista (BELLA et al., 2016; ERNST; ZWAAN, 2004; FONTANIER et al., 2002; GOODAY, 1988; GOODAY; TURLEY, 1990; HARLOFF; MACKENSEN, 1997; KURBJEWIT et al., 2000). As baixas concentrações de CaCO_3 no sedimento justificam a baixa diversidade de espécies calcárias em todos os testemunhos coletados.

Essas espécies, contudo, não são dominantes na biocenose do Drake. Ao observar a biocenose das amostras recentes (Recente e 0–2 cm), a espécie calcária *E. exigua* é dominante nos testemunhos DR1, DR2, DR4 e na amostra Recente do testemunho DR5. Uma explicação para esta diferença é que grande parte dos foraminíferos calcários quando morrem, perdem a proteção de suas carapaças, tornando-se suscetíveis aos processos de dissolução (HELEBEM et al., 1988). O aumento na frequência *E. exigua*, da base rumo ao topo sugere aumento no aporte de nutrientes (disponibilidade de fitodetritos) no local estudado, pois esta espécie é indicadora da presença de matéria orgânica, mesmo em regiões abissais (GOODAY, 1993). Em diversos trabalhos *E. exigua* mostra correlação positiva com sedimento arenoso e produtividade primária, indicando preferência alimentar por matéria orgânica (GOODAY, 1988; GOODAY; TURLEY, 1990; FONTANIER et al., 2002). Essa espécie é oportunista (KURBJEWIT et al., 2000), capaz de se reproduzir e crescer rapidamente na presença de fitodetritos (GOODAY; TURLEY, 1990; GOODAY, 1993). Portanto, nos pontos onde *E. exigua* foi dominante, pode-se sugerir a ocorrência de ambiente rico em matéria orgânica, mais precisamente fitodetritos.

A ausência de *E. exigua* na biocenose do testemunho DR3 pode-se justificar por dois motivos: 1) baixa concentração de matéria orgânica no sedimento (fitodetritos) e 2) baixa disponibilidade de CaCO_3 no sedimento sendo essas amostras a apresentarem as menores concentrações. A razão epifauna/infauna desse testemunho mantém o mesmo padrão dos demais testemunhos, com maior proporção de epifaunais, podendo indicar baixa concentração de oxigênio no sedimento e/ou disponibilidade de matéria orgânica.

As espécies calcárias são inexpressivas ou ausentes na base do testemunho, aumentando rumo ao topo e superfície (0 cm), onde se tornam relativamente abundantes. Esse padrão de

distribuição foi também observado em testemunhos na PA; Pudsey et al. (2006), coletaram testemunhos ao norte na península e observaram uma maior concentração de espécies calcárias no primeiro centímetro de sedimento. O padrão de distribuição observado no presente trabalho e em Pudsey et al. (1996), pode ser explicada de três formas:

- Dissolução do CaCO_3 : a partir de certas profundidades e condições oceanográficas, o carbonato de cálcio sofre dissolução, tornando-o inacessível às espécies calcárias. O limite para dissolução do carbonato de cálcio pode variar conforme condições específicas da massa d'água (ANDERSON, 1975). Acredita-se que em ambientes antárticos, a zona de compensação de carbonato esteja entre 430 m e 550 m, fazendo com que a abundância de espécies calcárias diminua a partir dessa profundidade (KENNETT, 1968).
- Preferência de micro-habitat: a maioria das espécies calcárias possuem carapaças mais sensíveis que vários aglutinantes, ou seja, elas estão mais suscetíveis a fatores como desgaste do revestimento por atrito, quebra das câmaras por pressão do sedimento ou mesmo falta de disponibilidade de nutrientes para a formação do cimento, tornando o sedimento superficial menos estressante para a sobrevivência das espécies calcárias (PUDSEY et al., 2006).
- Matéria Orgânica (MO): altas concentrações de matéria orgânica no sedimento aumentam o CO_2 na água intersticial, devido à ação das bactérias, aumentando assim a dissolução do carbonato de cálcio e diminuindo a presença de espécies calcárias na associação de foraminíferos (KIM; KENNETT, 1998).

Em relação à disponibilidade de alimentos, autores consideram que a distribuição das associações de foraminíferos de mar profundo é fortemente controlada pelo fluxo de matéria orgânica para o assoalho oceânico (ALTEMBACH; SARNTHEIN, 1989; HERGUERA; BERGER, 1991), já que os foraminíferos respondem à qualidade e à quantidade de alimento disponível (FONTANIER et al., 2002, 2003). A produtividade primária das zonas fotossintetizantes está diretamente relacionada à disponibilidade de alimento para os organismos de mar profundo (SUMICH; MORRISEY, 2004; MURRAY, 2006).

Quanto maior o aporte de matéria orgânica (lábil e refratária) nos sedimentos, maior será a quantidade de foraminíferos detritívoros e da infauna. Além da qualidade e quantidade da MO, o teor de oxigênio é um parâmetro importante para as associações de foraminíferos de mar profundo. Segundo Venturelli et al. (2018), ambientes bentônicos com oxigênio disponível limitado são caracterizados por apresentarem alto teor de carbono orgânico (alta

produtividade primária), alta taxa de sedimentação, presença de sedimentos finos, baixa bioturbação. Habitats bentônicos marinhos pobres em oxigênio e matéria orgânica são dominados por foraminíferos infaunais, enquanto ambientes mais oxigenados são povoados por táxons epifaunais (VENTURELLI et al., 2018).

As espécies epifaunais são dominantes (média 60%) na maioria das amostras do Drake, sugerindo ambiente relativamente oxigenado e oligotrófico, mas com aporte esporádico de MO. Kuhnt et al. (1996) afirmam que algumas espécies de foraminíferos bentônicos mudam de microhabitat em função da disponibilidade de alimento e oxigênio. Grande parte das espécies epifaunais são suspensívoras, ou seja, alimentam-se de matéria orgânica em suspensão na interface sedimento-água. Essas espécies são mais afetadas em ambientes oligotróficos, podendo diminuir sua densidade ou até mesmo deixar de existir naquele local, caso não ocorra aportes esporádicos de MO.

Em relação a correntes de fundo, a ocorrência de espécies indicativas de ambientes com grande atividade hidrodinâmica, tais como *Reophax scorpiurus*, *R. dentaliniformis*, *Lagenammina diffugiformis* e espécies de *Saccammina* spp. e *Psamosphaera* spp., bem como maiores porcentagens de espécies de *Reophax*, indicam uma região com distúrbios físicos e com maior atividade hidrodinâmica (KAMINSKI, 1985; HESS; KUHN, 1996). Além disso, espécies de *Reophax* se beneficiam com a presença de fitodetritos degradados e/ou associados a presença bacteriana (GOODAY, 1996). Nas amostras que compõem a maioria dos testemunhos do Drake foram encontradas alta densidade todas as espécies indicadoras de ambiente com forte energia de fundo.

No testemunho DR2 foi observado a diminuição da ocorrência de *Reophax* da base ao topo. A partir da profundidade 4-6 cm há um aumento de espécies de *Reophax*, sugerindo aumento no aporte da concentração de matéria orgânica ao longo do testemunho. *Deuterammina grisea* é a espécie que ocorre em maior abundância nas amostras da passagem de Drake. Anderson (1975), afirma que essa espécie costuma ser generalista e oportunista, ocupando nichos vazios deixados por outras espécies que não encontram condições favoráveis para o seu crescimento e se adaptam bem a variações de salinidade e temperatura (MURRAY; PUDSEY, 2004).

As associações de foraminíferos da passagem do Drake são constituídas por foraminíferos típicos da região Antártica, sem a presença de espécies endêmicas (KENNETT, 1968; ANDERSON, 1976; MACKENSEN et al., 1990; GOODAY, 1994; ISHMAN; DOMACK, 1994; WOLLENBURG; KUHN, 2000; FONTANIER et al., 2003; MURRAY; PUDSEY,

2004; SZAREK et al., 2007; ENGE et al., 2012; RODRIGUES et al., 2015). Contudo, ressalta-se que a estrutura das associações da campanha de 2013 apresenta algumas particularidades que a diferencia das demais áreas já estudadas na Antártica.

A primeira é a baixa diversidade e densidade de espécies com carapaças calcárias. Excetuando *E. exigua*, as demais espécies calcárias apresentam baixa densidade. A proximidade da zona de compensação de CaCO_3 , deve ser o fator responsável pela baixa densidade das formas calcárias. Segundo Kennett (1968), a ZCC na Antártica está entre 430 m e 550. Em estudos realizados na Antártica observa-se alta diversidade e densidade de carapaças calcárias em amostras localizadas acima da ZCC (MAJEWSKY, 2013; MURRAY; PUDSEY, 2004; RODRIGUES et al., 2015).

O segundo diferencial das associações de foraminíferos da Passagem do Drake é a alta densidade e diversidade de espécies. Ao comparar os resultados obtidos com demais estudos realizados na Antártica, pode-se observar que as associações do Drake apresentam uma maior riqueza de espécies (em especial trochaminídeos) e uma maior densidade de carapaças (vivas e mortas). Majewski (2013) realizou um estudo das associações de foraminíferos do Mar de Amundsen na Antártica em amostras com profundidade de 548 m, onde identificou 36 espécies, em sua maioria com carapaça calcária. Murray e Pudsey (2004) encontraram 154 carapaças de foraminíferos vivos em amostras recentes a 430m de profundidade no Mar de Weddell, esses números são bem inferiores aos dados de biocenose nas amostras recentes da Passagem do Drake.

A dominância de *E. exigua* e *A. glomeratum* associada à alta densidade e diversidade de espécie são indicativos de alta produtividade primária, fitodetritos ou mesmo atividade bacteriana, que ocasionam em grande disponibilidade de alimento para a comunidade bentônica (ERNST; ZWAAN, 2004). Como não foi possível estimar as concentrações de nutrientes (C_{org} , N_{total} e S_{total}) nas amostras da OPERANTAR XXXI é possível afirmar, com base nas associações de foraminíferos, que o ambiente possui disponibilidade de matéria orgânica.

O terceiro diferencial é a grande diversidade de espécies pertencentes a família Trochamminidae, em especial a dominância de *D. grisea* em grande parte das amostras. Os trochaminídeos possuem ampla distribuição e a capacidade de colonizar diversos ambientes em diferentes profundidades. Muitas vezes a identificação das espécies pertencentes a família é negligenciada, e não é incomum encontrar o táxon identificado como “*Trochammina* sp. ou spp.” em publicações. Isso ocorre devido à grande diversidade do grupo, com espécies

morfologicamente muito semelhantes (DORST; SCHONFELD, 2015). Em muitos estudos, em grande parte relacionados à poluição, os trochaminídeos apresentam correlação positiva com ambientes estressantes (anoxia, sedimentos enriquecidos com matéria orgânica, variação de salinidade, tempo de exposição subaérea, alta hidrodinâmica), mostrando maior resistência que as demais espécies (ALVE et al., 2009; BELLA et al., 2016, PASSOS et al., 2018). A alta densidade de *D. grisea* e outras espécies pertencentes à família Trochamminidae na tanatocenose pode indicar períodos de condições ambientais estressantes, como alta energia de fundo, redução de alimento (matéria orgânica) e anoxia do sedimento, pois ambientes antárticos são altamente dinâmicos, com variações ambientais constantes (LLANO; WALLEN, 1971).

A ACP mostrou que as concentrações de elementos maiores e traço não apresentam relações diretas com as variáveis bióticas (foraminíferos). Isto provavelmente ocorreu, pois, as concentrações de diversos elementos foram muito baixas. Por outro lado, variáveis como porcentagens de areia, de grânulos e de CaCO_3 parecem exercer grande influência na estrutura das associações.

5.3 Passagem do Drake – OPXXXII (2014)

Os sedimentos da campanha oceanográfica de 2014 apresentam baixas concentrações de elementos maiores e traço, com exceção de Cd, K e Mg, que possuem concentrações próximas as demonstradas por Turekian (1966). As concentrações desses três últimos elementos condizem com o esperado em sedimentos marinhos de mar profundo com baixa concentração de CaCO_3 (TUREKIAN; WEDWPOHL, 1966). Concentrações de Ni, Fe, Al, Cu e Mn obtidas no Drake, por sua vez, também são menores que as reportadas em estudos realizados nos mares de Weddell e Scotia (ANGINO 1965, 1966). Ressalta-se, contudo, que as concentrações de Ti são próximas a concentrações obtidas por Angino (1965 e 1966).

No trabalho feito por Waheed e Qureshi (2001) no Mar de Riise Larsen na Antártica, as amostras em região abissais tiveram concentrações mais baixas de Fe, K, Mg e Mn, as concentrações de Al, As, Ca e Zn foram mais altas do que as encontradas na Passagem do Drake (OPXXXII). As concentrações de elementos maiores e traço da Passagem do Drake (OPXXXII), não apresentaram valores maiores dos já reportados na região, vale lembrar que em regiões próximas a emanções de hidrato de gás o sedimento pode apresentar altas concentrações de elementos como Mn, Cu, Fe e Pb (LOWELL, 1995), o que não ocorreu nas amostras analisadas nesse trabalho.

As espécies que compõem as associações de foraminíferos, são típicas de regiões frias, abissais e com granulometria fina (lamosa). Espécies como *S. biformis*, *E. foliaceus*, *C. subglobosa* e *C. canariensis* são descritos em diversos trabalhos em regiões profundas, mostrando dominância em condições adversas como hipóxia (DIJK et al., 2017), baixa disponibilidade de alimento (JORRISEN; WITTLING, 1999) e sedimentos lamosos (acima de 90% de lama) (ALVE et al., 2011).

A baixa densidade de foraminíferos vivos (corados com rosa de bengala) sugerem baixa biomassa no sedimento (ALVE et al., 2011), que por sua vez corrobora com áreas abissais similares a região da Passagem do Drake (GOODAY, 2014; JORISSEN; WITTLING, 1999; STEFANOUDIS et al., 2016; STEFANOUDIS et al., 2017). Apesar de menos dinâmicas que a região Antártica, no geral, regiões abissais apresentam um fluxo relativamente baixo de matéria orgânica, embora possam receber episodicamente explosões de fitodetritos, em vez de um fornecimento lento e estável (ALVE et al., 2011). Condições efêmeras de disponibilidade de alimento condicionam um ambiente estressante para grande maioria das espécies de foraminíferos, possibilitando a colonização de espécies típicas de ambientes abissais, que muitas vezes apresentam reprodução lenta (GOODAY, 2014), ocasionando uma baixa densidade de organismos vivos.

Espécies tubulares como *Bathysiphon filiformis*, *Dendronina arborescens*, *Hyperammina fragilis* e *Jaculella obtusa* são encontradas em maior quantidade nas amostras da OPERANTAR XXXII. Essas espécies possuem facilidade em colonizar ambientes com menor disposição de oxigênio, pH ácido, altas concentrações de matéria orgânica (ANDERSON, 1975; GOODAY, 1994; KAMINSKI; GRADSTEIN, 2005) e sedimento lamosos enriquecidos com Fe e Mn (ALVE, 2011). De acordo com Anderson (1975), *J. obtusa* domina ambientes com pouco oxigênio disponível e sedimento com maior concentração de lama. Por ser uma espécie infaunal, *J. obtusa*, assim como outras espécies tubulares infaunais, consomem o oxigênio disponível na água intersticial do sedimento.

S. biformis é uma espécie capaz de obter sucesso na colonização de sedimentos com baixa concentração de oxigênio. Essa espécie é típica de região abissal sendo encontrada em maior abundância em regiões onde o sedimento apresenta condições de hipóxia. Por se alimentar de bactérias essa espécie é favorecida em locais com grande atividade bacteriana (DIJKSTRA et al., 2017). Desta forma a dominância de *S. biformis* na biocenose e nas amostras da porção recente do testemunho Drake 1 nos permite inferir que o a porção recente do sedimento está sobre condições de hipóxia devido a atividade bacteriana. A abundância de

A. glomeratum na biocenose nos permite dizer que o sedimento deve ter passado por um pulso de fitodetritos, o que possibilitou a colonização mútua dessas duas espécies.

Assim como *S. biformis*, *C. subglobosa* é uma espécie típica de região abissal. Possui grande abundância em sedimentos enriquecidos por pulsos de matéria orgânica com períodos de pouca disponibilidade de alimento. Essa espécie tem preferência por sedimentos finos, possui rápida colonização no ambiente após pulsos de matéria orgânica e grande resistência a períodos de inanição (HARLOFF e MACKENSEN, 1997). Com base nas associações de foraminíferos identificados na Passagem do Drake (OPXXXII) podemos inferir que em amostras nas quais *C. subglobosa* apresenta dominância o sedimento esteja empobrecido em MO, apresentando uma correlação negativa com % de areia e K, conforme mostrado na ACP. Esses resultados sugerem que a espécie possa resistir a períodos longos sem disponibilidade de alimento (nutrientes como K).

As associações formadas pela análise de agrupamento são exclusivamente formadas pela porção em que as amostras estão localizadas nos testemunhos, que por sua vez, refletem na densidade de carapaças e riqueza de espécies de cada amostra. Como a densidade de carapaças e a riqueza de espécies aumentaram proporcionalmente em direção a porção recente dos testemunhos, os índices de diversidade e equitatividade mantiveram-se elevados em todas as porções. As espécies dominantes em cada grupo também refletiram as preferências ecológicas de cada uma, como por exemplo, a dominância de *C. subglobosa* e *L. lepida* nas amostras na base do testemunho, indicam período de baixa concentração de MO no sedimento. Já as amostras pertencentes ao grupo G4, no qual estão as amostras recentes, as espécies dominantes são *A. glomeratum* e *S. biformis*, a dominância dessas duas espécies indicam, como já discutido anteriormente, altas concentrações de matéria orgânica (fitodetritos) sob condição de hipóxia no sedimento. *A. glomeratum* e *S. biformis* são espécies que apresentam dominância mútua em grande parte das amostras dos dois testemunhos e além de correlação positiva muito forte ($> 0,90$).

Com base nas associações de foraminíferos identificados na Passagem do Drake (OPXXXII) podemos inferir um sedimento em hipóxia devido ao possível consumo da matéria orgânica. A condição de hipóxia do sedimento é favorecida pela granulometria fina do sedimento ($>80\%$ lama) (BERNHARD, 1989). Entre todas as espécies identificadas nessa OP, não foi encontrada nenhuma espécie endêmica. Assim como na OPXXXI a composição de espécies é formada por generalistas e oportunistas capazes de colonizar regiões com baixas concentrações de oxigênio e pouca oferta de alimento (DIJKSTRA et al., 2017). Desta forma,

a estrutura das associações de foraminíferos coletados durante a OPERANTARXXXII na Passagem do Drake é influenciada diretamente por condições abióticas como a profundidade, que levam a condições físico-químicas extremas como hipóxia e déficit de MO. Também podemos afirmar com base na composição de espécies presentes no testemunho que na região pode haver pulsos de matéria orgânica, podendo esses serem em alguns casos fitodetritos, seguido por períodos de escassez. Causando assim a diferença na composição de espécies ao longo dos testemunhos.

5.4 Passagem do Drake e Ilha de Marambio: Síntese

A maior diferença entre as três OPERANTAR realizadas em 2011, 2013 e 2014 é a batimetria, que por sua vez, influenciou diretamente variáveis ambientais como granulometria, disponibilidade de oxigênio, alimento e CaCO_3 , concentração de elementos maiores e traço, sendo as associações de foraminíferos presentes nas três áreas influenciadas por essas variações. Entre as campanhas realizadas na Passagem do Drake tem-se como principal consequência da diferença batimétrica a disponibilidade de carbonato de cálcio (CaCO_3), que é reduzida conforme a profundidade (ANDERSON, 1975). Quanto maior a coluna d'água, menor é a disponibilidade de CaCO_3 para as espécies calcárias. Isso provavelmente explica a menor quantidade de espécies calcárias na OPERANTAR XXXII.

A batimetria, portanto, parece ser o fator determinante para as diferenças microfaunísticas entre OPXXXI e OPXXXII. Podemos observar espécies mais robustas, com maior tamanho e grãos mais grossos aglutinados nas carapaças dos foraminíferos pertencentes a OPXXXII, campanha mais profunda (3800 m). Além disso, há baixa riqueza de espécies calcárias com baixa dominância nas amostras recentes, diferente do que ocorre nas amostras da OPXXXI (profundidade em torno de 490 m). A densidade de carapaça em cada campanha também é diferente, as amostras da OPXXXII tiveram a menor concentração de foraminíferos por cm^3 , assim como maior diversidade de espécies aglutinantes e presença de espécies tubulares.

Outra característica também refletida pela profundidade é a diferença na composição de espécies presentes nas duas campanhas. O aumento considerável de carapaças com tamanho grande e muito grande na biocenose da OPXXXII é devido a dominância de espécies mais robustas como *E. foliaceus*, *S. biformis*, *C. subglobosa*. Esses resultados corroboram com diversos trabalhos, afirmando que carapaças de foraminíferos tendem a ser maiores e mais robustas em maiores profundidades devido as condições físico-químicas como pressão e

disponibilidade de oxigênio (BOLTOVSKOY et al., 1991; ISHMAN; DOMACK, 1994; STEFANOUDIS et al., 2016). Além disso, outra possibilidade para o maior tamanho das carapaças de foraminíferos nessa campanha são condições ambientais mais estáveis, que possibilitam um tempo de vida mais longo dos organismos, permitindo que atinjam com mais facilidade a fase adulta (BOLTOVSKOY et al., 1991).

O maior tamanho de *A. glomeratum* na OPXXXII ajudam a corroborar com esses resultados. Entre todas as espécies que compõem as associações deste trabalho, *A. glomeratum* é a espécie mais indicada para poder realizar a comparação morfométrica entre as duas áreas estudadas, por ser uma espécie generalista e oportunista (GOODAY, 1993, 1994; KUHNT et al., 2000; KAMINSKI; GRADSTEIN 2005; HEINZ et al., 2001; SOKOLOVA et al., 1995) ela responde a mudanças nas condições ambientais mais rapidamente que outras espécies (WOLLENBURG; KUHNT, 2000). Sendo assim, o maior tamanho em maiores profundidades pode ser causado devido a condições mais estáveis do ambiente, como por exemplo, baixa hidrodinâmica, constante disponibilidade de alimento, baixa competição e predação entre as espécies. Além da necessidade da robustez para poder tolerar a maior pressão em grandes profundidades (BOLTOVSKOY et al., 1991; ISHMAN; DOMACK, 1994; STEFANOUDIS et al., 2016).

Em regiões profundas as associações de foraminíferos tendem a ser dominadas por espécies epifaunais (CORLISS, 1985), isso por que em grandes profundidades pode haver escassez de oxigênio e alimento no sedimento, tornando o ambiente não favorável a permanência de espécies infaunais (CORLISS, 1991; ENGE et al., 2012; FONTANIER et al., 2003; GOODAY, 1994; KENNETT, 1968; OSTERMAN, KELLOGG, 1979; SCHMIEDL et al., 2000). Portanto, quanto maior a profundidade da coluna d'água, maior a proporção de espécies epifaunais nas associações de foraminíferos (MOJTAHID et al., 2010). Deste modo, em todos os testemunhos coletados na Passagem de Drake as espécies epifaunais compõe grande parte da riqueza total de espécies. Porém nas amostras coletadas na OPERANTAR XXXII podemos observar que essa proporção aumenta. Isso se deve ao fato que essas amostras são de uma região extremamente profunda, cerca de 3.800 metros de profundidade, e com sedimento lamoso, onde há falta de oxigênio e baixa disponibilidade de alimentos.

Já é de amplo conhecimento que a região da Ilha de Marambio e a Passagem do Drake são regiões onde há emanções de hidrato de gás, mais precisamente emanções frias (BOETIUS et al., 2000; BOETIUS; WENZHOFER, 2013) que liberam principalmente gás metano. Muitos pesquisadores estudam a relação de foraminíferos com exsudações de gás,

porém em sua maioria, regiões de hidrotermalismo e vulcanismo, conhecidas também como emanções quentes (BACHRATY et al., 2009; GERMAN et al., 2000; PORTILHO-RAMOS et al., 2017; YOSHIKAWA et al., 2012).

Poucos trabalhos estudam a relação de emanções frias com a comunidade bentônica que circundam a região. Sen Gupta e Aharon (1994), por exemplo, analisaram as associações de foraminíferos submetidas a escapes de metano no Golfo do México. Nesse estudo, foram apresentadas as principais espécies que compõem as associações de foraminíferos (*Bolivina ordinaria*, *Gavelinopsis translucens* e *Cassidulina neocarinata*) e sua resposta biológica a ambientes com hidrocarbonetos e pouco oxigênio. Já Bernhard et al. (2001) mostraram que as associações de foraminíferos encontradas em emanções frias na Baía da Monterrey na Califórnia são menos abundantes do que em locais sem emanções na mesma região. Os autores verificaram que a composição de espécies não apresenta variação, porém algumas espécies como *Spiroplectammina biformis* apresentam maior frequência nas regiões com escape de gás

Outros estudos realizaram análises químicas nas carapaças dos foraminíferos submetidos a emanções, como Hill et al. (2004) no nordeste do Pacífico, que correlacionaram a incorporação do carbono derivado do metano do hidrato de gás nas carapaças dos foraminíferos, com a presença de bactérias simbiotes. Os autores concluíram que foraminíferos bentônicos localizados na camada de bactérias são mais empobrecidos de $\delta^{13}\text{C}$ do que aqueles que são submetidos diretamente ao escape de gás ou associados a outros organismos como por exemplo, mexilhões. Hill et al. (2003) afirmam que a ausência de carbonato autigênico nas carapaças dos foraminíferos encontrados em regiões com emanção de metano no Canal de Santa Bárbara na Califórnia é incapaz de justificar os valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ registrados. Além disso, foraminíferos bentônicos localizados no intervalo de 1-2 cm do sedimento apresentaram valores exorbitantes de $\delta^{13}\text{C}$ negativo, registrados em suas carapaças, quando comparados com as espécies planctônicas da mesma região. Portanto, as associações de foraminíferos bentônicos encontradas na região são fortemente influenciadas pelas emanções de metano e podem ajudar a melhorar a compreensão dos ambientes com fluxo de metano no oceano. Diferentemente das associações de foraminíferos encontradas por Hill et al. (2003) e Sen Gupta e Aharon (1994), as espécies de foraminíferos que compõem as associações na PA, são basicamente formadas por espécies aglutinantes, o que inviabiliza estudos mapeamento de químico das carapaças que comumente são feitos em carapaças de foraminíferos calcários.

Porém, um estudo recente feito por Capotondi et al. (2019) com foraminíferos aglutinantes recentes do Mar Adriático, mostra análise da composição química das partículas de sedimento que compõe as carapaças dos foraminíferos aglutinantes e o quanto elas estão em equilíbrio com o sedimento em que vivem. Nesse estudo os autores utilizam 6 espécies de foraminíferos aglutinantes (*Leptohalysis scottii*, *Eggerelloides scaber*, *Textularia agglutinans*, *Reophax nana*; *Morulaeplecta bulbosa* e *Lagenammina atlântica*) e realizam uma análise químico-mineralógica por espectroscopia de energia dispersiva, além de análise química do sedimento. Ao final do estudo os autores concluem que grande parte das espécies refletem a composição química do sedimento, porém *R. nana* por ser altamente seletiva na escolha dos grãos que formam suas carapaças, apresenta altas concentrações de elementos maiores e traço que não reflete o encontrado no sedimento. Estudos como este feito por Capotondi et al. (2019), são necessários para esclarecer a forma como foraminíferos aglutinantes incorporam em suas carapaças os elementos químicos presentes no sedimento, principalmente em regiões profundas, onde não há presença de organismos calcários.

O aprimoramento de técnicas de análises químicas de alta resolução que possam identificar nas carapaças dos foraminíferos aglutinantes possíveis componentes químicos provenientes do gás metano, talvez possam contribuir com estudos de foraminíferos usados como *proxy* de emissões de hidrato de gás. Uma vez visto que as associações não sofrem influência em sua estrutura ou com a presença de espécies endêmicas, estudos adicionais que possam identificar anomalias nas carapaças dos foraminíferos talvez possam preencher essa lacuna.

Desta maneira, acredita-se que mesmo a região estando sobre influência de emissões de hidrato de gás, as associações de foraminíferos não foram afetadas por quaisquer variáveis provindas desta atividade, como por exemplo altas concentrações de elementos maiores e traço. Variáveis físico-químicas como granulometria, disponibilidade de oxigênio dissolvido no sedimento, concentração de nutrientes e % CaCO_3 no sedimento parecem ser as variáveis que controlam a estrutura das associações de foraminíferos da Ilha de Marambio e da Passagem do Drake.

6 CONCLUSÕES

Ao total, foram analisadas 98 amostras na região da Península Antártica, com suas respectivas características sedimentológicas e geoquímicas. Contabilizando todas as amostras deste trabalho um total de 29.584 mil carapaças de foraminíferos foram triadas, divididas entre 7 gêneros e 158 espécies. As associações de foraminíferos identificadas nesse trabalho, apresentam uma fauna típica da região Antártica, sem a presença de espécies endêmicas, com exceção de *P. magnetica*.

Especificamente na região na Ilha de Marambio foram triadas 5.511 carapaças de foraminíferos pertencentes a 7 gêneros e 23 espécies, onde foram identificados indivíduos monotalâmicos pertencentes a ordem Allogromida e Astrorhizida. As associações que apresentam dominância de allogromiídeos possuem grande densidade de indivíduos e preferência por sedimentos lamosos, com maiores concentrações de oxigênio e nutrientes. Já as associações nas quais há dominância de foraminíferos com carapaça dura ou pertencentes a ordem Astrorhizida apresentam baixa riqueza de espécies, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e estão localizados em amostras com maior profundidade. Allogromiídeo tipo 1 apresentou correlação com sedimentos arenosos, indicando maior tolerância a variações ambientais.

Nas amostras pertencentes aos 5 testemunhos coletados na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI foram triados um total de 17.797 carapaças de foraminíferos e identificadas 118 espécies, sendo 33 com carapaça calcária e 84 aglutinantes. Da base ao topo dos testemunhos foram observados valores progressivos de densidade, riqueza e diversidade de espécies. As amostras das porções basais dos testemunhos apresentaram valores mais baixos de diversidade de espécie, com dominância de espécies como *P. lepida*, *D. grisea* e *C. jeffreysii*. Foram observadas diferenças na composição de espécies da biocenose e tanatocenose. A biocenose das amostras recentes apresentou dominância da espécie calcária *E. exigua*, a presença dessa espécie indica em muitos estudos sedimento enriquecido com matéria orgânica fitodetrítica, nos permitindo afirmar que a dominância dessa espécie oportunista deve-se a grande disponibilidade de nutrientes na superfície do sedimento.

Na OPERANTAR XXXII foram triados nos 2 testemunhos 6.246 carapaças de foraminíferos nos quais foram identificadas 109 espécies, sendo 8 espécies calcárias e 101 aglutinantes. Assim como na campanha anterior, a densidade e riqueza de espécies aumentam em direção a porção recente dos testemunhos. A composição de espécies das associações de foraminíferos é composta por espécies com carapaças maiores e mais robustas. Por estar abaixo da zona de compensação do CaCO_3 há baixa ocorrência de espécies calcárias. A

dominância de *S. biformis* na biocenose sugere que o sedimento pode estar com baixas concentrações de oxigênio devido à decomposição da matéria orgânica no sedimento. As análises morfométricas mostraram que as carapaças das associações de foraminíferos de mar profundo da Passagem do Drake são maiores do que as associações da área mais rasa. Esse padrão se confirma com os resultados morfométricos de *A. glomeratum*, que apresentaram indivíduos maiores na região profunda.

Portanto, podemos afirmar que as principais variáveis que controlam a distribuição e composição de espécies das associações de foraminíferos das três regiões estudadas neste trabalho são aquelas relacionadas a fatores físico-químicos, como profundidade, granulometria, disponibilidade de oxigênio dissolvido no sedimento, concentração de nutrientes e % CaCO_3 no sedimento. Sendo essas variáveis também responsáveis por controlar os padrões ecológicos como dominância e diversidade de espécies nas associações de foraminíferos presentes nessas regiões.

Há a necessidade de realizar mais estudos aplicados, como análises morfológicas e químicas das carapaças dos foraminíferos, principalmente em espécies aglutinantes, para investigar prováveis alterações que a presença das emissões de hidrato de gás possa causar nos organismos, uma vez que não foram identificadas alterações nas associações em relação a densidade, diversidade e distribuição de espécies. Pesquisas como essa, que fazem caracterização da fauna bentônica, relacionando-a com fatores físico-químico são de extrema importância, pois podem ser usadas como base para futuros estudos de avaliações de impactos das mudanças climáticas na região da PA, local reconhecidamente mais sensível a alterações no clima.

REFERÊNCIAS

- ADL, S. M. et al. The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *J. Eukaryot. Microbiol.*, v. 52, n. 5, p. 399 – 451, 2005.
- ADL, S. M. et al. The revised classification of eukaryotes. *J. Eukaryot. Microbiol.*, v. 59, n. 5, p. 429 – 493, 2012.
- AKIMOTO, K. et al. 1994. **Recent benthic foraminiferal assemblages from the cold seep communities**: A contribution to the Methane Gas Indicator. In: Tsuchi, R. (Ed.), *Pacific Neogene Events in Time and Space*. University of Tokyo Press, Tokyo, pp. 11-25.
- ALBANI, A.; BARBERO, R. S.; DONNICI, S. Foraminifera as ecological indicators in the Lagoon of Venice, Italy. *Ecological Indicators*, v. 7, p. 239 – 253, 2007.
- ALTENBACH, A. V. et al. 1999. Scaling percentages and distribution patterns of benthic foraminifera with flux rates of organic carbon. *Journal of Foraminifera Research*, v. 29, n. 3, p. 173-185, 1999.
- ALTENBACH, A. V.; SARNTHEIN, M. **Productivity record in benthic foraminifera**. In: BERGER, W. H.; SMETACEK, V. S.; WEFER, G. *Productivity of the ocean: present and past*. Wiley, Chichester, 1989, 269p.
- ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: A review. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 25, n. 3, p.190-203, 1995.
- ALVE, E. et al. Monitoring strategies for re-establishment of ecological reference conditions: Possibilities and limitations. *Marine Pollution Bulletin*, v. 59, p. 297 – 310, 2009.
- ALVE, E.; MURRAY, J. W.; SKEI, J. Deep-sea benthic foraminifera, carbonate dissolution and species diversity in Hardangerfjord, Norway: An initial assessment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 92, p. 90 – 102, 2011.
- ANDERSON, J. B. Ecology and distribution of foraminifera in the Weddell Sea of Antarctica. *Micropaleontology*, v. 21, n. 1, p. 69-96, 1976.
- ANDERSON, J. B. et al. Glacial and Marine sediments of the Antarctic continental Shelf. *Journal of Geology*, v. 88, p. 399 – 414, 1980.
- ANDERSON, J. B. Factors controlling CaCO₃ dissolution in the Weddell Sea from foraminiferal distribution patterns. *Marine Geology*, v. 19, p. 315-332, 1975.
- ANGINO, E. E.; ANDREWS, R. S. Trace elements Chemistry, heavy minerals, and sediment statistics of Weddell Sea Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 38, n. 2, p. 634 – 642, 1968.
- ARCHER, D. 2005. Destabilization of Methane Hydrates: A Risk Analysis. Internet: http://geosci.uchicago.edu/~archer/reprints/archer.ms.hydrate_rev.pdf.

- ARISTARAIN, A. J. Accumulation and temperature measurements on the James Ross Island ice cap, Antarctic Peninsula, Antarctica. **Journal of Glaciology**, v. 33, n. 115, p. 357 – 362, 1987.
- BACHRATY, C.; LEGENDRE, P.; DESBRUYERES, D. Biogeographic relationships among deep-sea hydrothermal vent faunas at global scale. **Deep-Sea Research I**, v. 56, p. 1371 – 1378, 2009.
- BAINS, R. S., NORRIS, D., CORFIELD, R. M., FAUL, K. L. Termination of global warmth at the Palaeocene/Eocene boundary through productivity feedback. **Nature**, v. 407, p. 171–174 1999a.
- BAINS, R. S.; CORFIELD, M., NORRIS, R. D. Mechanisms of Climate Warming at the End of the Paleocene. **Science**, v. 30, p. 724-727, 1999b.
- BAKHMUTOV, V. G. et al. Geophysical models of Drake Passage and new prognosis for local HC accumulations along the Antarctic Peninsula margin. International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects. Conference Paper, 2012.
- BARKER, S.; GREAVES, M.; ELDERFIELD, H. A study of cleaning procedures used for foraminiferal Mg/Ca paleothermometry. **Geochemistry, Geophysics e Geosystems Journal**. v. 4, n. 9, p. 1-20, 2003.
- BELLA, L. et al. The response of benthic meiofauna to hydrothermal emissions in the Pontine Archipelago, Tyrrhenian Sea (central Mediterranean Basin). **Journal of Marine Systems**, v. 164, p. 53 – 66, 2016.
- BERNHARD, J. M. The distribution of benthic Foraminifera with respect to oxygen concentration and organic carbon levels in shallow-water Antarctic sediments. **Limnol. Oceanogr.**, v. 34, n. 6, p. 1131 – 1141, 1989.
- BERNHARD, J. M. et al. The Santa Barbara Basin is a symbiosis oasis. **Nature**, v. 403, p. 77-80, 2000.
- BERNHARD, J.M. et al. Impact of intentionally injected carbon dioxide hydrate on deep-sea benthic foraminiferal survival. **Global Change Biology**, v. 15, p. 2078-2088. 2009.
- BERNHARD, J.M.; BUCK, K. R.; BARRY, J. P. Monterey Bay cold-seep biota: Assemblages, abundance, and ultrastructure of living foraminifera. **Deep-Sea Research**, v. 48, p. 2233-2249, 2001.
- BOERSA, A. **Foraminifera. Introduction to Marine Micropaleontology**, BOERSA, A.: New York, Elsevier, p. 19 – 77, 1978.
- BOETIUS, A. et al. A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation of methane. **Nature**, v. 407, n. 5, p. 623 – 625, 2000.

- BOETIUS, A. et al. Seafloor oxygen consumption fuelled by methane from cold seeps. **Nature Geoscience**, v. 6, p. 7255 – 734, 2013.
- BOLTOVSKOY, E. SCOOT. D. B.; MEDIOLI, F. S. Morphological Variation of Benthic Foraminiferal tests in response to Changes in Ecological Parameters: a review. **J. Paleont.**, v. 65, n. 2, p. 175 – 185, 1991.
- BOLTOVSKOY, E. et al. **Atlas of Benthic Shelf Foraminifera of the Southwest Atlantic**. Dr W. Junk by Publishers. The Hague, 1980. 147p.
- BOWSER, S. S. et al. Structure, Taxonomy and Ecology of *Astrammia Triangularis* (Earland), an Allogromiid-Like Agglutinated Foraminifera from Explorer Cover, Antarctica. **Journal Foraminiferal Research**, v. 32, n. 4, p. 364 – 374, 2002.
- BRASIER, M. D. **Phylum Sarcodina-Foraminifera. Microfossils**, Londres, Unwin Hyman, 1988, 121p.
- CAMPBELL, K. A. Hydrocarbon seep and hydrothermal vent paleoenvironments and paleontology: Past developments and future research directions. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 232, p. 362 – 407, 2006.
- CANNARIATO, K.; STOTT, L. D. High-resolution bulk organic carbon $\delta^{13}C$ values argue against brief catastrophic releases of sedimentary methane to the surface waters of Santa Barbara Basin. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 5, n. 5, p. 22-37, 2004.
- CAPONTONDI, L. et al. Recent agglutinated foraminifera from the North Adriatic Sea: What the agglutinated tests can tell. **Marine Micropaleontology**, v. 147, p. 25 – 42, 2019.
- CARTER, L.; McCABE, I. N; WILLIAM, J. M. Circulations and Water Masses of the Southern Ocean: A Review. **Developments in Earth and Environmental Sciences**, v. 8, p. 85 – 114, 2008.
- CASTIGNETTI, P.; HART, M. B. Technitella (Norman, 1878) from Plymouth South, South Devon, UK. In Hart, M.B., Kaminski, M.A., and Smart, C. W. (eds.), Proceedings of the Fifth International Workshop on Agglutinated Foraminifera. **Gryzbowski Foundation Special Publication**, v. 7, p. 81-88, 2000.
- CETECIOGLU, Z. et al. Biogeographical distribution and diversity of bacterial and archaeal communities within highly polluted anoxic marine sediments from the marmara sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, p. 384 – 395, 2009.
- CLARKE, A. et al. Climate change and the marine ecosystem of the western Antarctic Peninsula. **Phil. Trans. R. Soc. B.**, v. 362, p. 149 – 166, 2007.
- CORLISS, B. H. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments. **Nature**, v. 314, p. 435-438, 1985.

- CORLISS, B. H. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 17, p. 195-236, 1991.
- CORLISS, B. H.; CHEN, C. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. **Geology**, v. 16, p. 716-719, 1988.
- CORNELIUS, N.; GOODAY, A. J. 'Live' (stained) deep-sea benthic foraminiferans in the western Weddell Sea: trends in abundance, diversity and taxonomic composition along a depth transect. **Deep-Sea Research II**, v. 51, p. 1571 – 1602, 2004.
- DAZIEL, I. W. D. Drake Passage and the Scotia arc: A tortuous space-time gateway for the Antarctic Circumpolar Current. **Geology**, v. 42, n. 4, p. 367 – 368, 2014.
- DEBENAY, J. P.; FERNANDEZ, J. M. Benthic foraminifera records of complex anthropogenic environmental changes combined with geochemical data in a tropical bay of New Caledonia (SW Pacific). **Marine Pollution Bulletin**, v. 59, p. 311–322, 2009.
- DEL VALLE, R. A.; LUSKY, J. C.; ROURA, R. Short Note Glacial trough under Larsen Ice Shelf, Antarctic Peninsula. **Antarctic Science**, v. 10, n. 2, p. 173 – 174, 1998.
- DICKENS, G.R., PAULL, C.K., WALLACE, P. Direct measurement of in situ methane quantities in a large gas-hydrate reservoir. **Nature**, v. 385, p. 426–428, 1997.
- DIJK, I. V.; et al. Combined impacts ocean acidification and dysoxia on survival and growth of for agglutinating foraminifera. **Journal Foraminiferal Research**, v. 47, n. 3, p. 294 – 303, 2007.
- DIJKRSTRA, N. et al. Benthic foraminifera as bio-indicators of chemical and physical stressors in Hammerfest harbor (Northern Norway). **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 384 – 396, 2017.
- DOMACK, E. W. Environmental setting of the Antarctic Peninsula. **Antarctic Research Series**, v. 79, p. 1 - 13, 2003a.
- DOMACK, E. W. et al. Marine Sedimentary record of natural environmental variability and recent warming in the Antarctic Peninsula. **Antarctic Research Series**, v. 79, p. 205 – 224, 2003b.
- DORST, S.; SCHONFELD, J. Taxonomic notes on recent benthic foraminiferal species on the family Trochamminidae from the Celtic Sea. **Journal Foraminiferal Research**, v. 45, n. 2, p. 167 – 189, 2015.
- DULEBA, W. et al. **Foraminíferos, tecamebas e ortracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros**, In: C. R. G. Sousa: et al. (eds). Quaternário do Brasil. ABEQUA. Ribeirão Preto, Editora Holos, p. 176 – 210.

- DUROS, P. et al. Live (stained) benthic foraminifera in the Whittard Canyon, Celtic margin (NE Atlantic). **Deep-Sea Research I**, v. 58, p. 128-146, 2011.
- ELLIS, S. J.; MESSINA, A. R. **Catalogue on foraminifera. The Micropaleontology**. 1940 – et. Seq. New York.
- ENGE, A. J.; KUCERA, M.; HEINZ, P. 2012. Diversity and microhabitats of living benthic foraminifera in the abyssal Northeast Pacific. **Marine Micropaleontology**, v. 96, n. 97, p. 84-104, 2012.
- ERNST, S.; ZWAAN, B. Effects of experimentally induced raised levels of organic flux and oxygen depletion on a continental slope benthic foraminiferal community. **Deep-Sea Research I**, v. 51, p. 1709 – 1739, 2004.
- FATELA, F.; TABORDA, R. Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. **Marine Micropaleontology**, v. 45, p. 169 – 174, 2002.
- FERREIRA, F.R.G. **O Sistema do Tratado da Antártica: evolução do regime e seu impacto na política externa brasileira**. Dissertação de Mestrado, Instituto Rio Branco. Fundação Alexandre de Gusmão, Brasília, 248 p. 2009
- FINGER, K. L.; LIPPS, J. H. Foraminiferal decimation and repopulation in an active volcanic caldera, Deception Island, Antarctica. **Micropaleontology**, v. 27, n. 2, p. 111 – 139, 1981.
- FLEMMING, B.W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams. **Continental Shelf Research**, v. 20, p. 1125-1137, 2000.
- FOLK, R. I. & WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance on grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 26, n. 1, p. 3-26, 1957.
- FONTANIER, C. et al. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition, and microhabitats. **Deep-Sea Research I**, v. 49, p. 751 – 785, 2002.
- FONTANIER, C. et al. Live foraminiferal faunas from a 2800 m deep lower canyon station from the Bay of Biscay: Faunal response to focusing of refractory organic matter. **Deep-Sea Research I**, v. 52, p. 1189-1227, 2005.
- FONTANIER, C. et al. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density, composition, and microhabitats. **Deep-Sea Research I**, v. 49, p. 751-785, 2003.
- GAMBOA, L. A. P.; MALDONADO, P. R. Geophysical investigations in the Bransfield Strait and in the Bellingshausen Sea, Antarctica. **Antarctica as an Exploration Frontier: Hydrocarbon Potential, Geology, and Hazards**, v. 31, p. 127-141, 1990.

- GARCIA, M. A. et al. Water masses and distribution of physico-chemical properties in the Western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral Summer 1995/96. **Deep-Sea Research II**, v. 49, n. 4-5, p. 585-602, 2002.
- GERMAN, C. R. et al. Hydrothermal plumes above the East Scotia Ridge: an isolated high-latitude back-arc spreading centre. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 184, p. 271 – 250, 2000.
- GERMAN, C. R. et al. Deep-Water Chemosynthetic Ecosystem Research during the Census of Marine Life Decade and Beyond: A Proposed Deep-Ocean Road Map. **PLoS One**, v. 6, n. 8, p.1-16, 2011.
- GILLE, S. How ice shelves melt. **Science**, v. 346, p. 1180 – 1181, 2014.
- GOINEAU, A.; GOODAY, A. J. Radiolarian tests as microhabitats for novel benthic foraminifera: Observations from the abyssal eastern equatorial Pacific (Clarion–Clipperton Fracture Zone). **Deep Research I**, v. 103, p. 73 – 85, 2015.
- GOODAY, A. J. A response by benthic foraminifera to phytodetritus deposition in the deep sea. **Nature**, v. 332, p. 70 – 73, 1988.
- GOODAY, A. J. Deep-Sea Benthic Foraminifera. **Earth System and Environment Sciences**, v.2, p. 1 – 17, 2014.
- GOODAY, A. J. Deep-sea benthic foraminiferal species which exploit phytodetritus: Characteristic features and controls on distribution. **Marine Micropaleontology**, v. 22, p. 187-205, 1993.
- GOODAY, A. J. et al. A new monothalamous foraminiferan from 1000 to 6300 m water depth in the Weddell Sea: morphological and molecular characterization. **Deep-Sea Research II**, v. 51, p. 1603 – 1616, 2004.
- GOODAY, A. J. et al. Foraminifera in the Arabian Sea oxygen minimum zone and other oxygen-deficient settings: taxonomic composition, diversity, and relation to metazoan faunas. **Deep-sea Research II**, V. 47, P. 25 – 54, 2000.
- GOODAY, A. J. et al. Monothalamous foraminiferans and gromiids (Protista) from western Svalbard: A preliminary survey. **Marine Biology Research**, v. 1, p. 209 – 312, 2005.
- GOODAY, A. J. Organic-Walled Allogromiids: Aspects of their occurrence diversity and ecology in marine habitats. **Journal Foraminiferal Research**, v. 32, n. 4, p. 384 – 399, 2002.
- GOODAY, A. J. The Biology of Deep-Sea Foraminifera: A Review of Some Advances and Their Applications in Paleoceanography. **Palaios**, v. 9, n. 1, p. 14-31, 1994.
- GOODAY, A. J. TURLEY, C. M. Responses by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: a review. **Phil. Trans. R. Soc. Land.**, v. 331, p. 119 – 138, 1990.

- GOODAY, A. J.; BERNHARD, J. M.; BOWSER, S. S. Benthic foraminiferal assemblages in Explorers Cove, Antarctica: A shallow-water site with deep-sea characteristics. **Prog. Oceanog.**, v. 37, p. 117 – 166, 1996.
- GOODAY, A. J.; BERNHARD, J. M.; BOWSER, S. S. The taxonomy and ecology of *Crithionina Delacai* sp nov., an abundant large agglutinant foraminifer from explorer cove, Antarctic. **Journal Foraminiferal Research**, v. 25, n. 4, p. 290 – 298, 1995.
- GOODAY, A. J.; PAWLOWSKI, J. *Conqueria laevis* gen. and sp. nov., a new soft-walled, monothalamous foraminiferan from the deep Weddell Sea. **J. Mar. Biol. Ass. U.K.**, v. 84, p. 919 – 924, 2004.
- GOODAY, A.J.; RATHBURN, A.E. Temporal variability in living deep-sea benthic foraminifera: a review. **Earth-Science Reviews**, v. 46, p. 187-212. 1999.
- GORDON, A. L.; NOWLIN, W. D. The basin waters of Bransfield Strait. **Journal of Physical Oceanography**, v. 8, p. 258-267, 1978.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em Ecologia**. Artmed, Porto Alegre, 2011, 528p.
- GRELOWSKI, A.; TOKARCZYK, R. Hydrological conditions in the region of Bransfield Strait and Southern part of Drake Passage in the period from December 10, 1983 and January 8, 1984 (BIOMASS-SIBEX). **Polish Polar Research**, v. 6, n. 1, p. 31-41, 1985.
- GROSS, M. G. **Carbon determination**. In: Carver, R. E. (Ed.). *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley, New York, EUA, p. 573 – 596, 1961.
- GUTT, J. et al. Biodiversity change after climate-induced ice-shelf collapse in the Antarctic. **Deep-Sea Research II**, v. 58, p. 74 – 83, 2011.
- HABURA, A. et al. Unexpected Foraminiferal Diversity Revealed by Small-subunit rDNA Analysis of Antarctic Sediment. **J. Eukaryot. Microbiol.**, v. 51, n. 2, p. 173 – 179, 2004.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9.
- HANNA, F.; ROGERSON, A. The Temporal and Spatial Distribution of Foraminiferans in Marine Benthic Sediments of the Clyde Sea Area, Scotland. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 44, p. 377 – 383, 1997.
- HARLOFF, J.; MACKENSEN, A. Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. **Marine Micropaleontology**, v. 31, p. 1-29, 1997.
- HEDGES, J. I.; KEIL, R. G. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. **Marine Chemistry**, v. 49, p. 81 – 115, 1995.

- HEINZ, P.; HEMLEBEN, CH. Regional and seasonal variations of recent benthic deep-sea foraminifera in the Arabian Sea. **Deep-sea Research I**, v. 50, p. 435-447, 2003.
- HEINZ, P. et al. 2005. Living benthic foraminifera in sediments influenced by gas hydrates at the Cascadia convergent margin, NE Pacific. **Marine Ecology Progress Series**, v. 304, p. 77–89, 2005.
- HEMLEBEN, CH.; SPINDLER, M.; ANDERSON, O. R. **Modern Planktonic foraminifera**. Springer-Verlag New York Inc, 1988, 363p.
- HERGUERA, J. C.; BERGER, W. H. Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: Glacial to postglacial change in the west-equatorial Pacific. **Geology**, v. 19, p. 1173-1176, 1991.
- HESSELBO, S. P. et al. 2000. Massive dissociation of gas hydrate during a Jurassic oceanic anoxic event. **Nature**, v. 406, p. 392:395, 2000.
- HILL, T. M.; KENNETT, J. P.; SPERO, H. J. Foraminifera as indicators of methane-rich environments: a study of modern methane seeps in Santa Barbara Channel, California. **Marine Micropaleontology**, v. 49, p. 123–138, 2003.
- HILL, T. M.; KENNETT, J. P.; VALENTINE, D. L. Isotopic evidence for the incorporation of methane-derived carbon into foraminifera from modern methane seeps, Hydrate Ridge, Northeast Pacific. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 68, p. 4619-4627, 2004.
- HOFMANN, E. E. et al. Water Mass Distribution and Circulation West of the Antarctic Peninsula and Bransfield Strait. **Antarctic Research Series**, v. 10, p. 61 – 80, 1996.
- HUGHES, K. A. et al. Antarctic environmental protection: Strengthening the links between science and governance. **Environmental Science and Policy**, v. 83, p. 86 – 95, 2018.
- HUNEKE, H.; MULDER, T. Deep-Sea Sediments. Elsevier, Amsterdam. 2011. 849p.
- INGÓLFSSON, O; HORJ, C; HUMLUM. Glacial and Climate History of the Antarctic Peninsula since the Last Glacial Maximum. **Arctic, Antarctic, and Alpine Research**, v. 35, n. 2, p. 175 – 186, 2003.
- ISHMAN, S. E.; DOMACK, E. W. Oceanographic controls on benthic foraminifers from the Bellingshausen margin of the Antarctic Peninsula. **Marine Micropaleontology**, v. 24, p. 119-155, 2004.
- JAHREN, A. H. et al. Terrestrial record of methane hydrate dissociation in the Early Cretaceous. **Geology**, v. 29, p. 159-162, 2001.
- JIANG, G., KENNEDY, M. J., CHRISTIE-BLICK, N. Stable isotopic evidence for methane seeps in Neoproterozoic postglacial cap carbonates. **Nature**, v. 426, p. 822–826, 2003.

- JONES, R. W.; CHARNOCK, M. A. "Morphogroups" of agglutinating foraminifera. Their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo) ecological studies. **Revue de Paléobiologie**, v. 4, n. 20, p. 311-320, 1985.
- JORISSEN, F.; WITTLING, I. Ecological evidence from live–dead comparisons of benthic foraminiferal faunas off Cape Blanc (Northwest Africa). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 149, p. 151 – 170, 1999.
- JOUGHIN, I.; ALLEY, R. B. Stability of the West Antarctic ice sheet in a warming world. **Nature Geoscience**, v. 4, p. 506 – 513, 2011.
- KAMINSKI, M. A. Evidence for control of abyssal agglutinated foraminiferal community structure by substrate disturbance: results from the hebble area. **Marine Geology**, v. 66, p. 113-131, 1985.
- KAMINSKI, M. A.; SCHRODER, C. J. 1987. Environmental analysis of deep-sea agglutinated foraminifera: Can we distinguish tranquil from disturbed environments? **Gulf Coast Section SEPM Foundation Eighth Annual Research Conference, Selected Papers and Illustrated Abstracts**, p. 90-93.
- KAMINSKI, M. A.; GRADSTEIN, F. M. **Atlas of Paleogene Cosmopolitan Deep-water Agglutinated Foraminifera**. Grzybowski Foundation Special Publication, v. 10, n. 1, 2005. 57p.
- KATZ, M. E. et al. The Source and Fate of Massive Carbon Input During the Latest Paleocene Thermal Maximum. **Science**, v. 286, p. 1531 – 1533, 1999.
- KEIGWIN, L. D. Late Pleistocene-Holocene paleoceanography and ventilation of the Gulf of California. **Journal of Oceanography**, v. 58, p. 421-432, 2002.
- KENNEDY, M. J., CHRISTIE-BLICK, N., SOHL, L. E. Are Proterozoic cap carbonates and isotopic excursions a record of gas hydrate destabilization following Earth's coldest intervals? **Geology**, v. 29, p. 443:446, 2001.
- KENNETT, J. P. Globorotalia truncatulinoides as a Paleo-oceanographic Index. **Science**, v. 159, p. 1461-1463, 1969.
- KENNETT, J. P. **The fauna of the Ross Sea, Part 6. Ecology and distribution of foraminifera**. New Zealand Oceanographic Institute, Memoir 46, 1–46, 1968.
- KENNETT, J. P., CANNARIATO, K. G., HENDY, I.L., BEHL, R. J. Carbon isotopic evidence for methane hydrate instability during Quaternary interstadials. **Science**, v. 288, p. 128:132, 2000.
- KHATIWALA, S.; PRIMEAU, F.; HALL, T. Reconstruction of the history of anthropogenic CO₂ concentrations in the ocean. **Nature**, v. 462, n. 19, p. 346 – 350, 2009.

- KIM, J. M.; KENNETT, J. P. Paleoenvironmental changes associated with the Holocene marine transgression, Yellow Sea (Hwanghae). **Marine Micropaleontology**, v. 34, p. 71-80, 1998.
- KIRSCHVINK, J. L., RAUB, T. D. A methane fuse for the Cambrian explosion: Carbon cycles and true polar wander. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 335, p. 65–78, 2003.
- KITAZATO, H. 1994. Foraminiferal microhabitats in four marine environments around Japan. **Marine Micropaleontology**, v. 24, p. 29-41, 1994.
- KLINKHAMMER, G. O.; CHIN, C. S.; WILSON, C. Hydrothermal and hydrographic surveys of the Branfield Strait: Results from cruise NBP95-07. **Antarctic Journal**, v. 8, p. 92-94, 1996.
- KOHFELD, K. E. et al. Neogloboquadrina pachyderma (sinistral coiling) as paleoceanographic tracers in polar oceans: Evidence from Northeast Water Polynya plankton tows, sediment traps, and surface sediments. **Paleoceanography**, v. 11, n. 6, p. 679-699, 1996.
- KREBS, C. **Ecological Methodology**. Benjamin Cummings, 1999. 624p.
- KUHNT, W.; MOULLADE, M. KAMINSKI, M. A. Ecological structuring and evolution of deep sea agglutinated foraminifera – A review. **Revue Micropaléontologie**, v. 39, n. 4, p. 271-281, 1995.
- KURBJEWIT, F. et al. Distribution, biomass and diversity of benthic foraminifera in relation to sediment geochemistry in the Arabian Sea. **Deep-Sea Research II**, v. 47, p. 2913 – 2955, 2000.
- KURBJEWIT, F. et al. Distribution, biomass and diversity of benthic foraminifera in relation to sediment geochemistry in the Arabian Sea. **Deep-Sea Research II**, v. 42, p. 2913-2955, 2000.
- KVENVOLDEN, K. A. Methane Hydrate - a Major Reservoir of Carbon in the Shallow. Geosphere. **Chemical Geology**, v. 71, p. 41-51, 1995.
- LAKIN, K. E.; GOODAY, A. J. Soft-shelled monothalamous foraminifera at an intertidal site on the south coast of England. **Journal of Micropaleontology**, v. 23, p. 135 – 137, 2019.
- LAMY, F. et al. Glacial reduction and millennial-scale variations in Drake Passage throughflow. **PNAS**, v. 112, p. 13496 – 13501, 2015.
- LAPA, F. V. 2013. **Evolução temporal das distribuições dos radionuclídeos naturais U-238, Th-234, Ra-226, Ra-228, Pb-210 e Po-210 no Estreito de Bransfield, Península Antártica**. Dissertação de mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo, 144p.

- LARSONNEUR, C. BOUYASSE, P. AUFFRET, J. The superficial sediments of the English Channel and its Western Approaches. **Sedimentology**, v. 29, p. 851 – 864, 1982.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. 2003. **Numerical Ecology**. 2nd Ed., Elsevier. 853p.
- LEJZEROWICZ, F. et al. Molecular evidence for widespread occurrence of Foraminifera in soils. **Environmental Microbiology**, v. 12, n. 9, p. 2518 – 2526, 2010.
- LI, B.; YOON, H.; PARK, B. K. Foraminiferal assemblages and CaCO₃ dissolution since the last deglaciation in the Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. **Marine Geology**, v. 169, p. 239-257, 2000.
- LLANO, G. A.; WALLEN, E. W. **Biology of the Antarctic Seas IV, Antarctic Research Series**. Geological Institute, University of Bern, Bern, Switzerland, 1971. 300p.
- LOEBLICH-Jr., A.R.; TAPPAN, H. 1988. **Foraminiferal genera and their classification**. New York: Van Nostrand Reinhold, 970 p. + 212 p., 847 pls.
- LONSDALE, P. Clustering of suspension-feeding macrobenthos near abyssal hydrothermal vents at oceanic spreading centers. **Deep-Sea Research**, v. 24, p. 857– 863, 1977.
- LOPES, O. et al. Hydrographic and hydrodynamic characteristics of the Eastern basin of the Bransfield Strait (Antarctica). **Deep-Sea Research I**, v. 46, n. 10, p. 1755-1778, 1999.
- LORETO, M. F. et al. Offshore Antarctic Peninsula Gas Hydrate Reservoir Characterization by Geophysical Data Analysis. **Energies**, v. 4, p. 39 – 56, 2011.
- LOWELL, R. P.; RONA, P. A.; VON HERZEN, R. P. Seafloor hydrothermal system. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. B1, p. 327 – 352, 1995.
- LUFF, R., WALLMANN, K. Fluid flow, methane fluxes, carbonate precipitation and biogeochemistry turnover in gas hydrate-bearing sediments at Hydrate Ridge, Cascadia Margin: numerical modeling and mass balances. **Limnology and Oceanography**, v. 67, p. 3403-3421, 2003.
- MACDONALD, D. I. M. et al. A preliminary assessment of the hydrocarbon potential of the Larsen Basin, Antarctica. **Marine and Petroleum Geology**, v. 5, p. 34-53, 1988.
- MACKENSEN, A.; GROBE, H.; KUHN, G.; FIITTERER, D. K. Benthic Foraminiferal assemblages from the eastern Weddell Sea between 68 and 73°S: Distribution, ecology and fossilization potential. **Marine Micropaleontology**, v. 16, p. 241-283, 1990.
- MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. **Biological Diversity: frontiers in measurement and assessment** Oxford University Press, 2011, 345p,
- MAGURRAN, A. **Ecological diversity and its measurement**. Cambridge: British Library, 1988.

MAJEWSKI, W. Benthic foraminifera from Pine Island and Ferrero bays, Amundsen Sea. **Pol. Polar Res.**, v. 34, n. 2, p. 169–200, 2013.

MAJEWSKI, W. et al. Monothalamous foraminifera from Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica. **Polish Polar Research**, v. 28, n. 3, p. 187 – 210, 2007.

MAJEWSKI, W.; PAWLOWSKI, J.; ZAJACZKOWSKI, M. Monothalamous foraminifera from West Spitsbergen fjords, Svalbard: a brief overview. **Polish Polar Research**, v. 26, n. 4, p. 269 – 285, 2005.

MARINHA DO BRASIL. Secretaria da Comissão Interministerial para Recursos do Mar. **Programa Antártico Brasileiro.** Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/proantar>. Acesso em: 02 mai. 2019.

MARTIN, P. J.; PEEL, D. A. The special distribution of 10m temperatures in the Antarctic Peninsula. **Journal of Glaciology**, v. 20, n. 83, p. 311-317, 1978.

MARTIN, R.A.; NESBITT, E. A.; CAMPBELL, K.A. Carbon stable isotopic composition of benthic foraminifera from Pliocene cold methane seeps, Cascadia accretionary margin. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 246, p. 260–277, 2004.

MEREDITH, M. P. et al. Sustained monitoring of the southern ocean at Drake Passage: past achievements and future priorities. **Reviews of Geophysics**, v. 49, p. 1 – 36, 2011.

MEREDITH, M. P.; KING, J. C. Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century. **Geophysical Research Letters**, v. 32, p. 1 – 5, 2005.

MIENERT, J. et al. Ocean warming and gas hydrate stability on the mid-Norwegian margin at the Storegga Slide. **Marine and Petroleum Geology**, v. 22, p. 233-244, 2005.

MIENERT, J. et al. Ocean warming and gas hydrate stability on the mid-Norwegian margin at the Storegga Slide. **Marine and Petroleum Geology**, v. 22, p. 233-244, 2005.

MIKHALEVICH, V.I. Major features of distribution of Antarctic foraminifera. **Micropaleontology**, v. 50, n. 2, p. 179-194, 2004.

MILKOV, A.V. Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates. **Marine Geology**, v. 167, n. 1-2, p. 29-42, 2000.

MILLO, C. et al. A. Methane-induced early diagenesis of foraminiferal tests in the southwestern Greenland Sea. **Marine Micropaleontology**, v. 58, p. 1 –12, 2005.

MOJTAHID, M. et al. Live benthic foraminiferal faunas along a Bathymetrical transect (140–4800 m) in the Bay of Biscay (NE Atlantic). **Revue de Micropaléontologie**, v. 53, p. 139-162, 2010.

- MOODLEY, L. et al. Differential response of benthic meiofauna to anoxia with special reference to Foraminifera (Protista:Sarcodina). **Marine Ecology Progress Series**, v. 158, p. 151 – 163, 1997.
- MOROZOV, E. G. Currents in Bransfield Strait. **Doklady Earth Sciences**. V. 415A, n. 6, p. 984-986, 2007.
- MURRAY, J. W. **Ecology and applications of benthic foraminífera**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 426p.
- MURRAY, J. W. **Ecology and paleoecology of benthic foraminífera**. London: Logman Scientific and Technical, 1991. 397p.
- MURRAY, J. W.; PUDSEY, C. J. Living (stained) and dead foraminifera from the newly ice-free Larsen Ice Shelf, Weddell Sea, Antarctica: ecology and taphonomy. **Marine Micropaleontology**, v. 53, p. 67-81, 2004.
- MURRAY, J. W.; ALVE, E. Benthic foraminiferal biogeography in NW European fjords: A baseline for assessing future change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 181, p. 218 – 230, 2016.
- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. Artmed, Porto Alegre, 2011, 356p.
- NYHOLM, K. G. Observations on the Monothalamous *Hipocrepinella alba* heron-Allen and Earland. **Zoologiska Bidragfran Uppsala**, v. 30, p. 475 – 484, 1955.
- OSTERMAN, L. E.; KELLOGG, T. B. Recent benthic foraminiferal distributions from the Ross sea, Antarctica: relation to ecologic and oceanographic conditions. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 9, n. 3, p. 250-269, 1979.
- PADDEN, M., WEISSERT, H., DE RAFELIS, M. Evidence for Late Jurassic release of methane from gas hydrate. **Geology**, v. 29, p. 223:226, 2001.
- PALFY, J. et al. 2001. Carbon isotope anomaly and other geochemical changes at the Triassic-Jurassic boundary from a marine section in Hungary. **Geology**, v. 29, p. 1047-1050, 2001.
- PANIERI, G. 2005. Benthic foraminifera associated with a hydrocarbon seep in the Rockall Trough (NE Atlantic). **Geobios**, v. 38, p. 247–255, 2005.
- PANIERI, G.; SEN GUPTA, B. K. Benthic Foraminifera of the Blake Ridge hydrate mound, Western North Atlantic Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 66, p. 91–102, 2008.
- PASSOS, C. C.; KUKIMODO, I.; SEMENSATTO, D. Foraminiferal assemblages along the intertidal zone of Itapanhaú River, Bertioga (Brazil). **Journal of South American Earth Sciences**, v. 79, p. 279 – 306, 2017.

- PAULL, C. K. et al. Biological communities at Florida Escarpment resemble hydrothermal vent communities. **Science**, v. 226, 965–967, 1984.
- PAWLOWSKI, J. et al. Allogromiid foraminifera and gromiids from under the Ross Ice Shelf: morphological and molecular diversity. **Polar Biol**, v. 28, p. 514 – 522, 2005.
- PAWLOWSKI, J. et al. Phylogeny of Allogromiid Foraminifera inferred from SSU Rrna Gene Sequences. **Journal Foraminiferal Research**, v. 32, n. 4, p. 334 – 343, 2002.
- PAWLOWSKI, J. et al. The evolution of early Foraminifera. **PNAS**, v. 100, n. 20, p. 11494 – 11498, 2003.
- PAWLOWSKI, J.; HOLZMANN, M. Molecular phylogeny of Foraminifera – a review. **European Journal of Protistology**, v. 38, p. 1 – 10, 2002.
- PAWLOWSKI, J.; HOLZMANN, M.; TYSZKA, J. New supraordinal classification of Foraminifera: Molecules meet morphology. **Marine Micropaleontology**, v. 100, p. 1 – 10, 2013.
- PAWLOWSKI, J.; MAJEWSKI, W. Magnetite-Bearing Foraminifera from Admiralty Bay, West Antarctic, with description of *Psamosphaga magnetica*, sp. Nov. **Journal Foraminiferal Research**, v. 44, n. 1, p. 3 – 13, 2011.
- PORTILHO-RAMOS, R. C. et al. Methane release from the southern Brazilian margin during the last glacial. **Nature Scientific Reports**, v. 8, n. 5948, 2018.
- PROKOPENKO A. A., WILLIAMS D. F. Deglacial methane emission signals in the carbon isotopic record of Lake Baikal. **Earth Planetary Science Letters**, v. 218, p. 135–147, 2004.
- PUDSEY, C. et al. Ice shelf history from petrographic and foraminiferal evidence, Northeast Antarctic Peninsula. **Quaternary Science Reviews**, v. 25, p. 2357-2379, 2006.
- PUSDEY, C. J.; BARKER, P. F.; HAMILTON, N. Weddell Sea abyssal sediment a record of Antarctic bottom water flow. **Marine Geology**, v. 81, p. 289-314, 1988.
- RATHBURN, A. E. et al. Benthic foraminifera associated with cold methane seeps on the northern California margin: ecology and stable isotopic composition. **Marine Micropaleontology**, v. 38, p. 247–266, 2000.
- RINTOUL, S. R. The global influence of localized dynamics in the Southern Ocean. **Nature**, v. 558, p. 209 – 218, 2018.
- RINTOUL, S. The global influence of localized dynamics in the Southern Ocean. **Nature**, v. 558, p. 208 – 218, 2018.
- ROBERTSON, R.; VISBECK, M.; GORDON, A.L; AHRBACH, E. Long-term temperature trends in the deep waters of the Weddell Sea. **Deep-Sea Research II**, v. 49, p. 4791-4806. 2002.

- ROBIN, G. Q.; ADIE, R. J. **The ice cover. Antarctic Research.** Londres. 1964, p. 100-117.
- ROCKSTROM, J. et al. A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 24, 2009.
- RODRIGUES, A. R.; EICHLER, P. P. B.; EICHLER, B. B. Foraminifera in two inlets fed by a tidewater glacier, King George Island, Antarctic Peninsula. **Journal Foraminiferal Research**, v. 43, n. 3, p. 209 – 220, 2013.
- RODRIGUES, R. A.; BRAGA, E. S.; EICHLER, B. B. Living foraminifera in the shallow Waters of Admiralty Bay: distributions and environmental factors. **Journal Foraminiferal research**, v. 45, n. 2, p. 128-145, 2015.
- ROTT, H.; SKVARCA, P.; NAGLER, T. Rapid Collapse of Northern Larsen Ice Shelf, Antarctica. **Science**, v. 271, p. 288 – 292, 1996.
- SABBATINI, A. et al. Distribution and biodiversity of stained Monothalamous Foraminifera from Tempelfjords, Svalbard. **Journal Foraminiferal Research**, v. 37, n. 2, p. 93 – 106, 2007.
- SABBATINI, A. et al. Soft-shelled benthic foraminifera from a hadal site (7800 m water depth) in the Atacama Trench (SE Pacific): preliminary observations. **Journal of Micropaleontology**, v. 21, p. 131 – 135, 2002.
- SANGRÀ, P. et al. The Bransfield Gravity current. **Deep-Sea Research I**, v. 119, p. 1 – 15, 2017.
- SANGRÀ, P. et al. The Bransfield Gravity Current. **Deep-Sea Research I**, v. 119, p. 1 – 15, 2017.
- SANGRÀ, P. et al. The Bransfield current system. **Deep-Sea Research I**, v. 58, n. 4, p. 390-402, 2011.
- SANTINI, M.F. **Estrutura termohalina e massas d'água na vizinhança da Península Antártica a partir de dados in situ coletados por elefantes-marinheiros do sul (Mirounga leonina).** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo, 93 f. 2011.
- SCHMIEDL, G. et al. Trophic control of benthic foraminiferal abundance and microhabitat in the bathyal Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. **Marine Micropaleontology**, v. 40, p. 167-188, 2000.
- SCHÖNFELD, J. et al. The FOBIMO (FORaminiferal BIO-MOnitoring) initiative - Towards a standardized protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. **Marine Micropaleontology**, v. 94, n. 95, p. 1-13, 2012.

- SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F.S.; SCHAFER, C. T. 2001. **Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators**. Cambridge University Press. 192 p.
- SCOTT, D.B.; MEDIOLI, F.S. Quantitative studies of marsh foraminifera distribution in Nova Scotia: implications for sea-level studies. **Journal of Foraminiferal Research** (Special Publication), v. 17p. 1-58, 1980.
- SEN GUPTA, B. K. Modern Foraminifera. 2003. New York, Kluwer Academic Publishers.
- SEN GUPTA, B. K.; AHARON, P. Benthic foraminifera of bathyal hydrocarbon vents of the Gulf of Mexico: initial report on communities and stable isotopes. **Geo-Marine Letters**, v. 14, p. 88–96, 1994.
- SEN GUPTA, B. K. et al. Foraminiferal colonization of hydrocarbon-seep bacterial mats and underlying sediment, Gulf of Mexico slope. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 27, p. 292–300, 1997.
- SHEPARD, F. P. Nomenclature based on Sand-silt-clay Ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, n. 3, p. 151 – 158, 1954.
- SLOAN, B. J., LAWVER, L. A., ANDERSON, J. B. Seismic stratigraphy of the Larsen basin, Eastern Peninsula Antarctica. In: A.K. Cooper, P.F. Barker e G. Brancolini (eds.), **Geology and Seismic Stratigraphy of the Antarctic margin. Antarctic Research Series**, v. 68, p. 59-74, 1995.
- SMITH L. M. et al. Light delta C-13 events during deglaciation of the East Greenland continental shelf attributed to methane release from gas hydrates. **Geophysical Research Letters**, v. 28, p. 2217–2220, 2001.
- SOLOVYOV, V. D. et al. Gas Hydrates Accumulations on the South Shetland Continental Margin: New Detection Possibilities. **Journal of Geological Research**, v. 2011, p. 1-8, 2011.
- STARMERJHN, S., SMITH, R. C. **Spatial and temporal Variability in west Antarctic sea ice coverage**, In Ross, R. M.; Hofmann, EE.; (Eds), **Foundations for Ecological Research west of the Antarctic Peninsula**, Antarctic Research, American Geophysical Union, v. 70, p. 70-104, 1996.
- STEFANOUDIS, P. V. et al. Agglutination of benthic foraminifera in relation to mesoscale bathymetric features in the abyssal NE Atlantic (Porcupine Abyssal Plain). **Marine Micropaleontology**, v. 123, p. 12 – 28, 2016.
- STEIN, R. Accumulation of organic carbon in marine sediment. **Lecture Note Earth Sci**, v. 34, p. 1 – 78, 1991.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. Edgard Blucher, São Paulo, 317 p.

- SUMICH, L. J.; MORRISSEY, J. F. **Introduction to the biology of marine life**. Jones e Bartlett Publishers, 2004. 449p.
- SZAREK, R.; NOMAKI, H.; KITAZATO, H. Living deep-sea benthic foraminifera from the warm and oxygen-depleted environment of the Sulu Sea. **Deep-sea Research II**, v. 54, p. 145-176, 2007.
- TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. 2002. CANOCO Reference manual CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power.
- THORPE, S. E.; et al. Variability of the southern Antarctic Circumpolar Current Front north of South Georgia. **Journal of Marine Systems**, v. 451, p. 87 – 105, 2002.
- TOGGWEILER, J. R.; BJORNSSON, H. Drake Passage and palaeoclimate. **Journal of Quaternary Science**, v. 15, n. 4, p. 319 – 328, 2000.
- TOKARCZYK, R. Classification of water masses in the Bransfield Strait and southern part of the Drake Passage using a method of statistical multidimensional analysis. **Polish Polar Research**, v. 8, p. 333-366. 1987.
- TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. **Geological Society of America Bulletin**, v. 72, p. 175 – 192, 1961.
- TURNER, J. et al. Antarctic Climate change during the last 50 years. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 279 – 294, 2005.
- TURNER, J. et al. **Antarctic Climate Change and the Environment**. SCAR & Scott Polar Research Institute. Cambridge, 526 p. 2009
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1996. 3050B. **Acid Digestion of Sediment**, Sludge and soil. Revision2.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2007 Method 6010C. **Acid Digestion of Sediment**, Sludge and soil. Revision3.
- USGS 2007. <http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/hydrates/> Acessado 09-Jan-2019 17:57:41.
- VALISUO, I.; VIHMA, T.; KING, J. Surface energy budget on Larsen and Wilkins ice shelves in the Antarctic Peninsula: results based on reanalyses in 1989–2010. **The Cryosphere**, v. 8, p. 1519 – 1538, 2014.
- VAUGHAN, D. G.; DOAKE, C. S. M. Recent atmospheric warming and retreat of ice shelves on the Antarctic Peninsula. **Nature**, v. 379, p. 328 – 331, 1996.

- VEIT-KOHLER, G. et al. Oceanographic and topographic conditions structure benthic meiofauna communities in the Weddell Sea, Bransfield Strait and Drake Passage (Antarctic). **Progress in Oceanography**, v. 162, p. 240 – 256, 2018.
- VENTURELLI, R. A.; et al. Epifaunal Foraminifera in an Infaunal World: Insights Into the Influence of Heterogeneity on the Benthic Ecology of Oxygen-Poor, Deep-Sea Habitats. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, n. 344, 2018.
- WAHEED, S. et al. Antarctic marine sediments as fingerprints of pollution migration. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 250, n. 1, p. 19 – 107, 2001.
- WALTON, W. R. Techniques for recognition of living foraminifera. Contr. **Cushman Found. Form. Res.**, v. 3, n. 2, p. 56-64, 1952.
- WEFER, G.; HEINZE, P. M.; BERGER, W. H. 1994. Clues to ancient methane release. **Nature**, 369: 282.
- WEFER, G., HEINZE, P.M., BERGER, W.H. Clues to ancient methane release. **Nature** v. 369, p. 282, 1994.
- WENTWORTH, W. R. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377 – 391, 1922.
- WHITWORTH III, T. et al. Weddell Sea Shelf water in the Bransfield Strait and Weddell-Scotia Confluence. **Deep Sea Research I: Oceanographic Research Papers**, v. 41, p. 629 – 641, 1994.
- WOLLENBURG, J. E.; KUHNT, W. The response of benthic Foraminifera to carbon flux and primary production in the Arctic Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 40, p. 189-231, 2000.
- WOLLENBURG, J. E.; MACKENSEN, A. The ecology and distribution of benthic foraminifera at the Hakon Mosby mud volcano (SW Barents Sea slope). **Deep-Sea Research I**, v. 56, p. 1336-1370, 2009.
- YANKO, V., KRONFELD, J.; FLEXER, A. Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 24, n. 1, p. 1-17, 1994.
- YI, P.; BATTEN, D. J.; LEE, S. J. Provenance of recycled palynomorph assemblages recovered from surficial glaciomarine sediments in Bransfield Strait, offshore Antarctic Peninsula. **Cretaceous Research**, v. 26, p. 906-919, 2005.
- YOSHIKAWA, S.; OKINO, K.; ASADA, M. Geomorphological variations at hydrothermal sites in the southern Mariana Trough: Relationship between hydrothermal activity and topographic characteristics. **Marine Geology**, v. 303, n. 306, p. 172 – 182, 2012.

ZACHOS, J. C. et al. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65Ma to Present. **Science**, v. 292, p. 686-693, 2001.

ZHOU, M.; NIILER, P. P.; ZHU, Y.; DORLAND, R. D. The western boundary current in the Bransfield Strait, Antarctica. **Deep-Sea Research I**, v. 53, p. 1244-1252, 2006.

APÊNDICE

Apêndice A – Densidade relativa das espécies de foraminíferos encontradas na área B da Ilha de Marambio na fração de 0,063µm, assim como dados abióticos (profundidade, temperatura, pH e salinidade), número total de indivíduos em 20 cm³ de sedimento (N), riqueza de espécies (S), quarteamento da amostra (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E), espécies monotálâmicas (M) e como carapaça orgânica (O) ou aglutinante (A).

Marambio Área B	M	O / A	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
Profundidade (m)			7,95	9,15	9,4	9	8,85	9,1	8,75	7,4	6,95	7,8	10,15	9,05	9,55	7,2	6,8	6,2	6,25	7,25	5,7
Temperatura (°C)			-1,2	-1,42	-1,58	-1,39	-1,49	-1,53	-1,52	-1,58	-1,46	-1,16	-1,34	-1,3	-0,17	-0,88	-0,91	-0,96	-0,76	-0,65	-0,54
pH			7,99	7,98	8,44	8,52	8,55	8,55	8,55	8,56	8,56	8,62	8,62	8,59	7,96	7,81	7,82	7,96	8	8	8,01
Salinidade			32,2	32,4	31,6	32,7	32,7	32,9	32,9	32,8	30,8	31,3	31,6	31,1	34,2	34,1	33,7	33,8	34,1	34,3	34,9
N			264	178	92	429	146	215	132	170	206	453	262	264	290	266	275	231	348	371	268
S			9	14	9	9	8	13	9	13	8	13	10	12	10	13	11	9	12	7	8
Q*			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(1-D)			0,79	0,84	0,85	0,63	0,76	0,86	0,83	0,84	0,74	0,7	0,8	0,86	0,8	0,79	0,7	0,79	0,81	0,76	0,74
H'			1,92	2,15	2,09	1,22	1,7	2,16	1,96	2,16	1,59	1,64	1,9	2,19	1,82	1,81	1,66	1,8	1,93	1,64	1,59
E			0,71	0,77	0,79	0,55	0,73	0,78	0,85	0,82	0,72	0,64	0,74	0,83	0,76	0,6887	0,6479	0,72	0,71	0,74	0,72
<i>Adercotryma glomerata</i>		A	.	.	.	.	.	0,47	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allogromia ovoidea</i>	*	O	40,16	8,99	29,35	45,69	15,75	14,62	24,24	5,29	2,91	10,38	21,37	25,76	20,69	25,95	53,26	27,27	22,41	41,24	16,04
Allogromiídeos indeterminado	*	O	.	24,72	23,91	38,69	0,00	4,72	12,12	2,94	1,94	1,55	.	8,33	.	.	.	.	.	.	.
Allogromiídeos tipo 1	*	O	10,24	6,18	11,96	5,59	48,63	2,83	6,06	14,71	.	2,43	29,39	6,06	3,10	19,08	6,52	1,73	14,94	18,06	5,60
Allogromiídeos tipo 2	*	O	.	2,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,76	.	.	.	.	.
<i>Alterammina alternans</i>		A	.	1,12	.	.	.	.	.	0,59	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Armorella</i> cf. <i>sphaerica</i>	*	A	.	1,69	.	.	.	.	.	.	.	0,22	0,38	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,38	.	0,38	.	.	.	.	.
<i>Cribr stomoides subglobosa</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,34	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclammina pusilla</i>		A	.	.	1,09	.	.	.	.	0,59	0,49	0,44	0,38	0,38	0,69	0,38	0,36	2,16	2,30	.	0,37
<i>Gloiogullmia</i> sp.	*	O	.	1,12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hipocripinella</i>	*	O	.	.	.	0,23	.	0,47	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Indeterminados sp1	*	O	7,48	22,47	15,22	1,63	1,37	9,43	15,15	8,24	2,43	4,64	1,15	6,82	6,21	4,58	7,97	10,82	4,02	1,62	1,49
<i>Lagenammina</i> sp.	*	A	13,78	.	9,78	6,76	13,70	3,30	12,12	7,06	30,58	5,30	4,96	5,30	22,41	12,21	7,97	22,51	25,86	16,98	14,18
<i>Miliammina arenacea</i>		A	0,39	0,56	.	.	0,68	.	.	.	.	0,66	.	.	.	.	0,72	.	0,57	.	.
Mudballs	*	O	7,48	.	.	0,93	.	21,23	3,79	12,94	34,95	20,09	6,87	22,35	28,28	2,29	13,77	28,14	4,02	11,59	17,16
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i>		A	.	.	.	.	.	0,47	.	.	.	0,22	.	.	.	.	.	.	0,29	.	.
<i>Portatrochammina eltaninae</i>		A	0,39	6,74	6,52	0,23	5,48	16,04	.	8,24	1,46	2,65	1,91	10,23	0,34	0,76	2,54	3,03	1,44	1,89	0,75
<i>Psammospaera</i> sp.	*	A	.	18,54	.	.	.	7,55	21,21	3,53	.	1,10	.	1,52	.	1,15	.	.	.	.	.
<i>Psammospaga crystallifera</i>	*	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	.	.	.	.
<i>Psammospaga magnetica</i>	*	A	18,90	3,93	.	.	13,70	17,92	3,79	33,53	25,24	50,33	32,06	11,74	16,21	30,53	5,07	2,60	21,26	8,63	44,40
<i>Pseudobolivina antarctica</i>		A	1,18	1,12	1,09	0,23	0,68	0,94	1,52	.	.	.	.	1,14	1,72	1,53	1,45	1,73	2,59	.	.
<i>Reophax</i> sp.		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,53	.	.	.	.	.	0,29	.	.
<i>Spiroplectammina biformis</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	1,18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Textularia earlandi</i>		A	.	0,56	1,09	.	.	.	.	1,18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Textularia wiesneri</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,38	.	.	.	.	.

Apêndice B – Densidade relativa das espécies de foraminíferos encontradas na área B da Ilha de Marambio na fração de 0,250µm, assim como dados abióticos (profundidade, temperatura, pH e salinidade), número total de indivíduos em 20 cm³ de sedimento (N), riqueza de espécies (S), quarteamento da amostra (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H'), equitatividade (E), espécies monotalâmicas (M) e como carapaça orgânica (O) ou aglutinante (A).

Marambio Área B	N	V/O	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
Profundidade (m)			7,95	9,15	9,4	9	8,85	9,1	8,75	7,4	6,95	7,8	10,15	9,05	9,55	7,2	6,8	6,2	6,25	7,25	5,7
Temperatura (°C)			-1,2	-1,42	-1,58	-1,39	-1,49	-1,53	-1,52	-1,58	-1,46	-1,16	-1,34	-1,3	-0,17	-0,88	-0,91	-0,96	-0,76	-0,65	-0,54
pH			7,99	7,98	8,44	8,52	8,55	8,55	8,55	8,56	8,56	8,62	8,62	8,59	7,96	7,81	7,82	7,96	8	8	8,01
Salinidade (‰)			32,2	32,4	31,6	32,7	32,7	32,9	32,9	32,8	30,8	31,3	31,6	31,1	34,2	34,1	33,7	33,8	34,1	34,3	34,9
N			32	49	34	0	27	62	8	16	16	18	49	60	27	0	41	13	31	25	15
S			8	9	10	0	7	7	3	4	7	7	11	7	6	0	8	6	8	6	5
Q*			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
(1-D)			0,79	0,84	0,85	0	0,76	0,86	0,83	0,84	0,74	0,7	0,8	0,86	0,8	0	0,7	0,79	0,81	0,76	0,74
H'			1,92	2,15	2,09	0	1,7	2,16	1,96	2,16	1,59	1,64	1,9	2,19	1,82	0	1,66	1,8	1,93	1,64	1,59
E			0,71	0,77	0,79	0	0,73	0,78	0,85	0,82	0,72	0,64	0,74	0,83	0,76	0	0,6479	0,72	0,71	0,74	0,72
<i>Allogromia ovoidea</i>	*	O	31,25	4,08	8,82	.	7,41	16,13	75,00	12,50	12,50	.	4,08	.	.		29,27	8,33	12,90	16,00	13,33
Allogromiídeos indeterminados	*	O	.	2,04	.	.	.	.	.	.	.	.	2,04	.	.		2,44	.	.	.	.
Allogromiídeos tipo 1	*	O	3,13	.	26,47	.	.	6,45	.	.	.	11,11	4,08	.	.		.	.	.	.	.
Allogromiídeos tipo 2	*	O	.	.	2,94	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	3,23	.	.
<i>Alterammina alternans</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	9,68	.	.
<i>Ammodiscus incertus</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,67	.		.	.	.	.	.
<i>Armurella cf. sphaerica</i>	*	A	6,25	10,20	2,94	.	3,70	.	.	.	.	.	10,20	.	.		.	8,33	.	.	.
<i>Astrorhizidios</i>		A	3,13	.	.	.	.	1,61	.	.	.	.	6,12	.	.		.	.	.	.	.
<i>Cribratomoides jeffreysii</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3,33	.		.	.	.	.	.
<i>Cribratomoides subglobosa</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3,33	.		.	.	.	.	.
<i>Cyclammina pusilla</i>		A	9,38	.	5,88	.	.	3,23	.	.	18,75	5,56	2,04	.	29,63		.	25,00	16,13	12,00	6,67
<i>Gloioigullmia</i> sp.	*	O	.	8,16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
Indeterminado sp1.	*	A	.	.	5,88	.	.	.	.	.	6,25	.	6,12	1,67	3,70		.	16,67	.	.	.
<i>Lagenammina</i> sp.	*	A	28,13	8,16	14,71	.	7,41	.	.	.	.	22,22	22,45	31,67	22,22		31,71	25,00	41,94	16,00	26,67
Mudballs	*	O	.	.	.	.	.	.	12,50	.	12,50	5,56	8,16	.	29,63		12,20	.	6,45	40,00	26,67
<i>Phainogullmia</i> sp.	*	O	.	.	2,94	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,00		.	.	.	.	.
<i>Portatrochammina eltaninae</i>		A	.	10,20	.	.	25,93	41,94	12,50	25,00	31,25	16,67	.	43,33	3,70		12,20	.	6,45	.	.
<i>Psammospaera fusca</i>	*	A	15,63	53,06	26,47	.	37,04	29,03	.	56,25	12,50	22,22	24,49	15,00	11,11		4,88	16,67	.	8,00	26,67
<i>Psammospaera crystallifera</i>	*	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2,44	.	.	.	.
<i>Psammospaera magnetica</i>	*	A	.	.	.	.	14,81	1,61	.	.	6,25	16,67	10,20	.	.		.	.	.	8,00	.
<i>Pseudobolivina antarctica</i>		A	.	.	.	.	3,70	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
<i>Reophax pilulifer</i>		A	.	2,04	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
<i>Reophax scorpiurus</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	3,23	.	.
<i>Thurammina</i> sp.	*	A	.	.	.	.	.	.	.	6,25	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
<i>Tritaxis antarctica</i>		A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		4,88	.	.	.	.
<i>Trochammina pygmaea</i>		A	3,13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.
<i>Trochammina squamata</i>		A	.	.	2,94	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.

Apêndice C – Espécies raras pertencentes a Ilha de Marambio OPXXIX, com frequência < 3 % que foram retiradas das análises estatísticas.

Espécies raras OPERANTAR XXIX	
<i>Adercotryma glomerata</i>	<i>Miliammina arenacea</i>
Allogromídios tipo 2	<i>Psammosphaga crystallifera</i>
<i>Alterammina alternans</i>	<i>Pseudobolivina antarctica</i>
<i>Ammodiscus incertus</i>	<i>Reophax pilulifer</i>
<i>Astrorhizídios</i>	<i>Reophax scorpiurus</i>
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	<i>Reophax sp.</i>
<i>Cribrostomoides subglobosa</i>	<i>Spiroplectammina biformis</i>
<i>Cyclammina pusilla</i>	<i>Textularia earlandi</i>
<i>Gloiogullmia sp.</i>	<i>Textularia wiesneri</i>
<i>Phainogullmia sp.</i>	<i>Thurammina sp.</i>
<i>Phainogullmia cf. aurata</i>	<i>Tritaxis antarctica</i>
Indeterminado sp3.	<i>Trochammina pygmaea</i>
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i>	<i>Trochammina squamata</i>

Apêndice D – Correlação de Spearman das amostras coletadas na Ilha de Marambio. Variáveis abióticas: % de lama (lama), % areia (areia), profundidade (Prof.), oxigênio dissolvido (OD), % CaCO₃, C_{org} (COT), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn) e variáveis bióticas: *Allogromia ovoidea* (Ao), Allogromídios indeterminados (Ai), Allogromídios tipo 1 (AI), *Armoredella cf. sphaerica* (Ar), Indeterminados sp1 (II), *Lagenammia* sp. (La), Mudballs (Mu), *Portatrochammina eltaninae* (Pe), *Psammosphaera fusca* (Pf) e *Psammosphaga magnetica* (Pm). Em destaque correlações acima de 0,70.

	Lama	Areia	Prof	OD	CaCO ₃	COT	Al	As	Ca	Cd	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Ni	Pb	Sc	Ti	Zn	Ao	Ai	AI	As	II	La	Mu	Pe	Pf
Lama																														
Areia	-0,98																													
Prof	0,08	-0,09																												
OD	0,15	-0,14	0,20																											
CaCO ₃	0,26	-0,28	0,42	0,23																										
COT	0,48	-0,38	-0,16	0,16	0,28																									
Al	0,21	-0,22	-0,42	0,10	-0,18	-0,04																								
As	0,26	-0,24	0,06	0,19	0,34	0,16	0,45																							
Ca	-0,22	0,18	-0,22	-0,15	0,30	-0,16	0,17	0,43																						
Cd	-0,24	0,26	-0,31	-0,26	-0,58	0,03	-0,01	-0,08	-0,35																					
Cu	0,07	-0,10	-0,01	-0,05	0,15	-0,09	0,63	0,48	0,13	0,02																				
Fe	0,01	-0,03	-0,44	0,03	0,02	-0,04	0,87	0,52	0,55	-0,16	0,59																			
Hg	0,26	-0,30	-0,30	0,14	0,09	0,08	0,59	0,56	0,21	-0,02	0,10	0,56																		
K	0,33	-0,34	-0,19	0,12	-0,19	0,04	0,85	0,56	0,10	0,05	0,52	0,62	0,5																	
Mg	-0,05	0,06	-0,16	0,14	0,54	0,07	0,44	0,56	0,63	-0,28	0,33	0,65	0,4	0,31																
Mn	-0,25	0,24	-0,55	-0,05	0,18	-0,04	0,45	0,30	0,77	-0,19	0,21	0,76	0,4	0,16	0,80															
Ni	-0,56	0,49	0,17	0,15	0,04	-0,50	0,11	-0,07	0,19	0,11	0,49	0,24	-0,3	-0,09	0,18	0,22														
Pb	0,30	-0,32	-0,39	0,15	-0,23	0,10	0,88	0,45	0,03	0,19	0,61	0,66	0,5	0,88	0,24	0,20	0,07													
Sc	0,06	-0,06	-0,49	0,09	0,17	0,11	0,76	0,51	0,51	-0,16	0,35	0,88	0,7	0,49	0,76	0,81	0,05	0,52												
Ti	-0,57	0,54	0,17	0,06	-0,14	-0,56	-0,23	-0,31	0,05	-0,15	0,04	-0,06	-0,5	-0,40	-0,10	0,09	0,53	-0,43	-0,24											
Zn	0,11	-0,15	-0,41	0,04	-0,23	-0,04	0,86	0,42	0,19	0,24	0,67	0,79	0,4	0,72	0,30	0,36	0,31	0,89	0,62	-0,25										
Ao	-0,16	0,12	-0,20	-0,53	0,08	0,24	-0,10	-0,27	0,03	0,28	0,00	0,04	0,0	-0,14	0,10	0,14	0,02	-0,06	0,07	-0,21	0,03									
Ai	0,31	-0,31	0,55	0,45	0,44	0,21	-0,44	0,01	-0,34	-0,13	-0,03	-0,53	-0,2	-0,33	-0,21	-0,50	0,06	-0,28	-0,48	0,01	-0,42	-0,31								
AI	-0,11	0,11	0,08	-0,29	-0,38	0,03	0,19	0,04	-0,22	0,39	0,14	0,00	0,0	0,46	-0,15	-0,30	-0,10	0,35	-0,13	-0,30	0,27	0,34	-0,28							
Ar	0,21	-0,22	0,36	-0,17	0,09	-0,12	-0,04	0,29	0,15	-0,22	0,20	-0,13	-0,1	0,30	-0,14	-0,26	-0,11	0,12	-0,31	-0,11	-0,11	-0,21	0,09	0,16						
II	0,38	-0,35	0,10	-0,15	0,37	0,15	-0,31	-0,21	0,07	-0,28	-0,09	-0,22	-0,3	-0,41	-0,01	0,04	-0,08	-0,35	-0,16	-0,09	-0,36	0,06	0,24	-0,55	0,22					
La	-0,36	0,32	-0,54	-0,31	-0,05	-0,03	0,41	0,01	0,46	0,01	0,09	0,74	0,4	0,13	0,44	0,71	0,15	0,25	0,67	-0,02	0,40	0,54	-0,68	0,02	-0,31	-0,22				
Mu	0,18	-0,21	-0,26	0,20	0,39	0,24	0,17	0,19	0,49	-0,43	-0,21	0,41	0,5	0,00	0,39	0,51	-0,18	0,01	0,62	-0,28	0,12	0,10	-0,26	-0,45	-0,28	0,13	0,49			
Pe	0,47	-0,45	0,05	0,26	0,11	0,21	0,05	-0,06	-0,25	-0,34	-0,06	-0,14	0,0	0,01	-0,29	-0,30	-0,34	0,08	-0,03	-0,39	0,00	-0,38	0,22	-0,10	0,03	0,24	-0,40	0,20		
Pf	0,26	-0,22	0,55	0,24	0,04	-0,15	-0,45	-0,08	-0,22	-0,24	-0,34	-0,60	-0,3	-0,18	-0,39	-0,58	-0,24	-0,40	-0,58	0,00	-0,51	-0,61	0,48	-0,11	0,33	0,26	-0,85	-0,22	0,40	
Pm	0,20	-0,15	-0,27	-0,03	0,03	0,33	0,41	0,44	0,38	-0,21	0,00	0,46	0,4	0,51	0,41	0,33	-0,45	0,31	0,50	-0,45	0,31	-0,06	-0,41	0,23	-0,06	-0,32	0,27	0,43	0,06	-0,02

Apêndice E – Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXI, dos testemunhos DR1, DR2 e DR3. Espécies calcárias ou aglutinantes (A/C); densidade da biocenose e tanatocenose em 20 cm³ de sedimento; riqueza de espécies (S); quarteamento da amostra (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E).

	C/A	DR1 Recente		DR1 0-2 cm		DR1 2-4 cm		DR1 4-6 cm		DR1 6-8 cm		DR1 8-10 cm		DR1 10-12 cm		DR2 Recente		DR2 0-2 cm		DR2 2-4 cm		DR2 4-6 cm		DR2 6-8 cm		DR3 Recente		DR3 0-2 cm		DR3 2-4 cm		DR3 4-6 cm		DR3 6-8 cm	
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	
N (Total indivíduos/20cm³)		1060	248	535	145	1952	404	281	136	74	1284	2412	1820	564	2232	1256	247	1640	624	1392	564	1280	604	233											
S		46	29	35	22	28	27	19	13	11	38	31	33	29	38	32	25	36	33	30	32	36	31	27											
Q (cm³)		1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
(1-D)		0,94	0,93	0,92	0,8	0,88	0,88	0,86	0,61	0,79	0,89	0,84	0,88	0,92	0,92	0,91	0,86	0,92	0,91	0,90	0,93	0,93	0,9	0,87											
H'		3,32	3,00	2,96	2,28	2,63	2,6	2,27	1,46	1,91	2,72	2,52	2,69	2,9	2,98	2,88	2,45	3,00	2,80	2,70	3,00	3,0	2,76	2,49											
E		0,86	0,89	0,83	0,73	0,78	0,79	0,77	0,57	0,79	0,74	0,73	0,77	0,86	0,81	0,83	0,76	0,84	0,82	0,81	0,88	0,83	0,8	0,75											
Adercotryma glomeratum	A	10,42	11,00	7,34	6,90	16,12	6,44	9,61	.	2,70	14,86	2,56	9,88	8,66	13,98	10,83	6,07	14,89	20,81	9,60	11,29	10,25	5,94	10,60											
Agglutinella arenata	A	.	.	.	2,89	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Alliatinella differens	A	1,25	1,00	0,92	0,69	.	.	.	.	.	0,31	5,13	.	.	0,36	0,32	2,02	.	4,70	.	.	.	.	.											
Alterammina alternans	A	.	.	3,67	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Ammobaculites agglutinans	A	.	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,31	.											
Ammobaculites exilis	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,70	.	.	.	.	.	0,63	.											
Ammodiscus incertus	A	.	.	1,38	.	.	.	0,36	.	.	0,31	1,28	2,37	0,79	2,15	1,59	0,40	0,43	5,37	0,51	4,03	1,86	1,56	0,33											
Ammoglobigerina pygmaea	A	2,50	4,00	.	1,38	1,65	6,44	3,91	0,74	2,70	3,10	.	.	4,72	.	2,23	0,81	0,43	4,70	1,01	1,61	1,24	0,94	0,99											
Astrononion antarcticus	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Astrononion hamadaense	A	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Atlantiella atlantica	A	0,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Bathysiphon filiformis	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,67	.	0,81	0,31	.	.	.											
Bolivinellina pacifica	C	3,33	8,00	.	.	.	1,98	0,36	.	.	2,79	8,33	.	.	8,24	3,18	6,48	1,28	1,34	.	.	.	11,56	4,30											
Bolivinellina pseudopunctata	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Bulimina aculeata	C	0,83	1,00	.	.	.	.	.	.	.	0,31	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Bulimina gibba	C	.	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Buzasina galeata	C	0,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Cassidulina teretis	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,31	1,28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Cassidulinoides parkeriana	C	0,83	.	2,75	0,69	.	.	.	.	.	.	1,28	.	.	.	0,32	.	.	0,67	.	.	.	.	.											
Cibicides sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,79	.	.	.	0,43	.	.	.	.	.	.											
Cibicidoides lobatulus	C	.	.	0,92	.	.	0,50	0,36	.	.	0,62	0,64	.	.	.	0,32	0,40	0,85	0,67	.	.	.	.	.											
Cibicidoides subhaidingerii	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Cibicidoides variabilis	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,93	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Cribr stomoides jeffreysii	A	3,75	4,00	11,93	9,66	4,55	7,43	8,54	4,41	4,05	15,48	1,28	16,21	11,02	8,60	6,37	4,45	7,66	2,01	16,67	6,45	12,73	7,50	5,30											
Cribr stomoides sp.	A	4,58	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.											
Cribr stomoides subglobosus	A	.	.	.	0,69	0,41	.	.	.	.	.	1,92	1,58	.	.	.	.	0,43	1,34	1,01	0,81	0,93	0,94	0,33											

Continua

Continuação

	C/A	DR1 Recente		DR1 0-2 cm		DR1 2-4 cm		DR1 4-6 cm		DR1 6-8 cm		DR1 8-10 cm		DR1 10-12 cm		DR2 Recente		DR2 0-2 cm		DR2 2-4 cm		DR2 4-6 cm		DR2 6-8 cm		DR3 Recente		DR3 0-2 cm		DR3 2-4 cm		DR3 4-6 cm		DR3 6-8 cm		
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T		
<i>Cymbaloporetta</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Deuterammina glabra</i>	A	.	7,00	.	4,83	0,41	.	.	.	.	.	.	.	.	7,09	8,96	9,87	6,48	3,40	6,71	0,51	9,68	4,04	8,75	9,93	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Deuterammina grahami</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Deuterammina grisea</i>	A	14,17	6,00	19,27	4,83	23,14	26,24	22,42	16,18	14,86	21,36	10,90	24,11	13,39	15,77	20,06	23,08	13,19	8,72	21,21	9,68	16,77	11,88	20,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Earlandammina bullata</i>	A	.	.	1,83	.	0,41	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Eggerella bradyi</i>	A	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,67	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Eggerella minuta</i>	A	0,42	.	.	2,07	2,89	3,96	0,71	2,21	.	0,31	1,92	0,40	1,57	4,66	2,55	2,83	4,26	2,01	6,57	1,61	4,66	2,81	1,32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Eggerella nitens</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Eggerelloides advenus</i>	A	0,83	4,00	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Epistominella exigua</i>	C	.	13,00	3,67	41,38	.	2,97	.	.	2,70	8,05	33,97	0,40	1,57	1,43	.	2,02	2,98	8,05	.	2,42	0,93	3,75	1,32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Eratidus foliaceus</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,62	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Fissurina fimbriata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Fissurina laevigata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Fissurina marginata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,43	.	.	.	.	.	0,33	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Fissurina semimarginata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,64	.	.	.	.	.	0,67	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Fursenkoina riggii</i>	C	2,08	.	.	2,76	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,08	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Globocassidulina biora</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,93	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Globocassidulina crassa</i> subsp. <i>rossensis</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,93	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	C	1,25	4,00	.	2,07	.	.	.	.	.	0,31	5,13	0,40	0,79	0,72	.	0,40	1,70	.	0,51	1,61	0,93	0,31	0,33	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Globorotalia truncatulinoides</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	1,35	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Glomospira charoides</i>	A	1,25	.	2,75	.	1,65	0,99	0,36	.	.	0,62	.	0,79	.	0,36	0,64	.	2,13	.	2,02	0,81	1,55	.	1,66	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Glomospira gordialis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,62	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Glomospira irregularis</i>	A	.	3,00	2,29	1,38	1,65	1,49	0,71	0,74	.	1,55	3,85	.	5,51	2,87	1,91	3,24	1,70	1,34	2,53	2,42	2,48	1,88	0,99	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Haplophragmoides canariensis</i>	A	2,92	7,00	.	2,76	6,20	5,45	.	.	.	.	8,97	0,79	3,94	2,51	4,14	1,21	2,55	1,34	2,02	9,68	4,97	4,38	4,30	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Haynesina paucilocula</i>	A	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Heterolepa bradyi</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Hormosinella distans</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Hormosinelloides guttifer</i>	A	.	.	.	.	0,41	.	.	.	.	0,31	.	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Hyperammina cylindrica</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Ioanella tumidula</i>	C	.	.	.	.	.	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Jaculella obtusa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>Karrerulina conversa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,31	.	.	.	
<i>Labrospira crassimargo</i>	A	7,92	3,00	.	.	.	0,50	.	.	.	.	.	1,58	.	.	1,59	1,21	6,81	0,67	2,02	2,42	2,17	0,94	3,31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Lagenammina difflugiformis</i>	A	0,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	1,57	.	.	.	0,43	.	3,03	.	1,86	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Lagenammina laguncula</i>	A	0,83	1,00	0,92	.	1,65	0,50	0,36	0,74	.	1,86	.	1,19	0,79	1,43	1,91	.	1,70	0,67	.	1,61	0,62	0,31	1,32	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		
<i>Lagenammina pacifica</i>	A	0,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Continua

Continuação

	C/A	DR1 Recente		DR1 0-2 cm		DR1 2-4 cm	DR1 4-6 cm	DR1 6-8 cm	DR1 8-10 cm	DR1 10-12 cm	DR2 Recente		DR2 0-2 cm		DR2 2-4 cm	DR2 4-6 cm	DR2 6-8 cm	DR3 Recente		DR3 0-2 cm		DR3 2-4 cm	DR3 4-6 cm	DR3 6-8 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T
<i>Lagenammina</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i>	A	2,92	.	7,34	2,07	7,02	13,37	19,57	58,82	37,84	4,02	0,64	3,56	3,94	2,51	7,32	24,29	2,98	0,67	4,04	1,61	3,11	8,13	10,93
<i>Martinottiella nodulosa</i>	A	.	1,00	.	.	0,41	.	.	.	.	.	.	1,19	.	0,72	.	.	.	1,34	0,51	.	0,31	.	.
<i>Melonis</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3,23	3,50	2,02	.	.	.	.	.	.	.
<i>Miliammina arenacea</i>	A	0,83	.	5,05	0,69	1,24	4,46	6,76	7,35	12,16	2,17	1,28	1,19	0,79	.	.	.	1,28	1,34	2,02	.	1,24	2,50	0,99
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>	P	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	0,31	.	.	.	.	.	.	0,43	.	.	.	.	.	.
<i>Nodulina dentaliniformis</i>	A	0,42	.	.	.	.	0,50	.	.	.	0,93	.	0,40	.	0,36	.	.	0,43	.	0,51	0,81	0,62	0,63	.
<i>Nodulina</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	0,72	.	.	.	.	.	0,81	0,31	.	.
<i>Nonion</i> sp.	C	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oolina globosa</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oolina ovoidea</i>	C	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Paratrochammina challengerii</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,86	0,64	.	3,94	.	.	.	.	.	.	0,81	0,31	0,94	.
<i>Paratrochammina charlottensis</i>	A	0,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Portatrochammina antarctica</i> subsp. antarctica	A	1,25	.	0,46	6,21	3,72	0,50	0,71	.	.	.	.	.	2,36	.	1,59	.	3,83	0,67	0,51	1,61	0,93	1,56	1,66
<i>Portatrochammina eltaninae</i>	A	4,17	1,00	.	0,69	.	.	.	.	.	.	0,64	2,37	0,79	.	0,32	.	.	.	.	4,03	1,55	0,31	0,99
<i>Portatrochammina karica</i>	A	3,33	1,00	.	.	0,83	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	1,27	1,21	2,98	0,67	.	4,03	1,55	0,63	1,32
<i>Portatrochammina murrayi</i>	A	0,42	.	4,59	.	2,07	0,50	.	2,21	.	.	0,64	0,79	4,72	2,51	2,55	.	.	1,34	1,01	1,61	1,24	0,31	0,33
<i>Portatrochammina</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,28	1,98	1,57	0,72	1,27	.	2,98	.	1,52	.	0,93	.	.
<i>Psammospaera fusca</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,31	.	.	0,79	0,72	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pseudobolivina antarctica</i>	A	0,42	.	0,46	.	0,41	0,99	1,42	.	.	0,62	.	0,40	.	1,08	0,64	.	.	.	.	.	.	0,94	1,99
<i>Pseudonodosinella nodulosa</i>	A	1,67	.	0,92	.	.	.	.	.	.	0,31	0,64	0,79	.	1,08	0,32	.	0,43	0,67	.	.	.	.	.
<i>Pullenia salisburyi</i>	C	.	1,00	.	.	.	.	.	.	.	.	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	0,81	0,31	.	.
<i>Recurvoides contortus</i>	A	0,42	.	0,46	.	.	.	.	.	.	0,31	.	.	.	1,08	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax irregularis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,62	.	.	.	.	.	.	.	.	1,52	.	0,93	.	.
<i>Reophax minimus</i>	A	0,42	.	.	.	.	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,43	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax pilulifer</i>	A	0,42	.	1,38	.	.	.	.	.	.	.	.	0,40	.	1,08	.	.	.	.	1,01	0,81	0,93	.	.
<i>Reophax scoriurus</i>	A	0,42	1,00	.	1,38	.	.	.	.	.	.	.	0,79	2,36	.	.	.	0,43	2,01	.	2,42	0,93	0,94	.
<i>Reophax</i> sp.	A	.	1,00	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,32	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax subfusiformis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,79	0,36	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhabdammina linearis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,36	.	.	.	.	0,51	.	0,31	.	.
<i>Saccammina tubulata</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,79	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccorhiza ramosa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Technitella</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,67	.	.	.	.	.	.
<i>Textularia earlandi</i>	A	1,67	.	0,46	.	0,83	.	2,14	.	.	1,24	.	0,79	1,57	0,72	0,64	.	2,55	0,67	2,02	.	1,24	2,81	0,99
<i>Textularia</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Continua

Apêndice F – Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXI, dos testemunhos DR4 e DR5. Espécies calcárias ou aglutinantes (A/C); densidade da biocenose e tanatocenose em 20 cm³ de sedimento; riqueza de espécies (S); quarteamento da amostra (Q), índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E).

	C/A	DR4 Recente		DR4 0-2 cm		DR4 2-4 cm	DR4 4-6 cm	DR4 6-8 cm	DR5 Recente		DR5 0-2 cm		DR5 2-4 cm	DR5 4-6 cm	DR5 6-8 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T
N (Total indivíduos/20cm³)		892	475	1664	461	1288	500	377	2424	557	752	817	1140	1068	1056
S		43	36	35	25	33	31	32	33	25	30	34	33	27	31
Q (cm³)		1		1		1	1	1	1		1		1	1	1
(1-D)		0,86	0,77	0,92	0,89	0,9	0,88	0,91	0,89	0,9	0,91	0,93	0,91	0,88	0,9
H'		2,7	2,44	3,01	2,7	2,78	2,68	2,76	2,67	2,71	2,85	3,05	2,86	2,58	2,73
E		0,72	0,68	0,84	0,83	0,79	0,78	0,79	0,76	0,84	0,83	0,86	0,81	0,78	0,79
<i>Adercotryma glomeratum</i>	A	9,60	5,58	14,81	14,15	12,42	13,20	13,26	16,18	9,38	17,86	6,21	16,14	18,35	12,50
<i>Agglutinella arenata</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alliatinella differens</i>	A	0,40	0,51	0,93	3,77	.	.	.	.	2,34	.	.	.	.	.
<i>Alterammina alternans</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ammobaculites agglutinans</i>	A	0,40	.	.	.	0,31	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ammobaculites exilis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	2,35	.	.	.	.	.	.
<i>Ammodiscus incertus</i>	A	0,80	0,51	0,93	3,77	1,55	0,80	0,27	.	.	1,79	2,48	1,40	0,37	0,38
<i>Ammoglobigerina pygmaea</i>	A	.	1,52	1,39	.	0,31	0,80	1,06	1,76	.	2,38	4,97	1,75	1,50	.
<i>Astrononion antarcticus</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Astrononion hamadaense</i>	A	0,40	1,02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Atlantiella atlantica</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bathysiphon filiformis</i>	A	.	.	.	0,94	.	.	.	0,29	.	0,60	.	.	.	.
<i>Bolivinellina pacifica</i>	C	0,80	1,02	0,93	.	5,28	.	.	12,35	11,72	.	.	.	6,37	0,38
<i>Bolivinellina pseudopunctata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bulimina aculeata</i>	C	.	0,51	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bulimina gibba</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Buzasina galeata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cassidulina teretis</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cassidulinoides parkeriana</i>	C	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,38
<i>Cibicides</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cibicidoides lobatulus</i>	C	.	1,02	0,46	.	.	0,40	.	.	.	0,60	1,24	.	.	.
<i>Cibicidoides subhaidingerii</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cibicidoides variabilis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i>	A	5,20	3,05	6,02	0,94	8,39	3,60	7,69	11,76	.	7,74	9,94	10,18	6,37	9,09
<i>Cribr stomoides</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cribr stomoides subglobosus</i>	A	.	3,55	1,39	1,89	0,31	.	0,53	.	.	1,19	.	.	.	.

Continua

Continuação

	C/A	DR4 Recente		DR4 0-2 cm		DR4 2-4 cm	DR4 4-6 cm	DR4 6-8 cm	DR5 Recente		DR5 0-2 cm		DR5 2-4 cm	DR5 4-6 cm	DR5 6-8 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T
<i>Cymbaloporeta</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Deuterammina glabra</i>	A	6,00	5,08	3,70	7,55	6,21	5,60	6,90	0,59	5,47	5,36	9,94	7,72	5,24	6,44
<i>Deuterammina grahami</i>	A	0,80	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Deuterammina grisea</i>	A	9,20	2,54	15,28	12,26	20,81	26,00	16,71	20,88	8,59	13,69	12,42	17,89	24,34	19,70
<i>Earlandammina bullata</i>	A	.	.	0,46	1,89	0,31	.	0,27	.	.	0,60	3,11	0,35	.	1,14
<i>Eggerella bradyi</i>	A	.	0,51	.	.	.	.	.	.	.	.	0,62	.	.	.
<i>Eggerella minuta</i>	A	2,00	0,51	3,70	0,94	3,11	2,80	3,98	0,88	1,56	2,38	0,62	4,56	1,12	2,27
<i>Eggerella nitens</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,38
<i>Eggerelloides advenus</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Epistominella exigua</i>	C	32,80	45,69	1,85	21,70	.	1,20	0,80	3,53	16,41	.	6,21	.	1,87	0,38
<i>Eratidus foliaceus</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissurina fimbriata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissurina laevigata</i>	C	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissurina marginata</i>	C	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fissurina semimarginata</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fursenkoina riggii</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	15,63	.	.	.	.	.
<i>Globocassidulina biora</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Globocassidulina crassa</i> subsp. <i>rossensis</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	C	0,40	2,03	3,70	2,83	.	.	0,80	0,59	1,56	0,60	.	.	.	.
<i>Globorotalia truncatulinoides</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glomospira charoides</i>	A	0,80	0,51	1,85	3,77	1,55	0,40	.	0,59	.	.	.	0,70	0,75	0,38
<i>Glomospira gordialis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,24	.	.	.
<i>Glomospira irregularis</i>	A	1,20	2,03	.	.	2,17	2,00	2,12	0,88	2,34	2,98	4,35	1,05	0,37	1,89
<i>Haplophragmoides canariensis</i>	A	3,60	3,05	7,41	4,72	6,21	6,40	5,31	3,82	3,13	.	5,59	5,96	3,75	3,03
<i>Haynesina paucilocula</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	0,88	0,78	.	.	.	.	.
<i>Heterolepa bradyi</i>	A	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hormosinella distans</i>	A	.	.	0,46	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hormosinelloides guttifer</i>	A	0,40	0,51	.	.	0,31	.	.	.	.	.	.	1,05	.	.
<i>Hyperammina cylindrica</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	0,78	0,60	1,24	.	.	.
<i>Ioanella tumidula</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Jaculella obtusa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Karrerulina conversa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Labrospira crassimargo</i>	A	2,00	.	3,24	.	1,24	2,40	3,71	.	3,91	2,98	3,73	2,46	2,25	1,52
<i>Lagenammina difflugiformis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lagenammina laguncula</i>	A	0,40	0,51	4,17	.	2,17	0,80	0,53	2,94	.	0,60	0,62	1,75	1,50	0,76
<i>Lagenammina pacifica</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Continua

Continuação

	C/A	DR4 Recente		DR4 0-2 cm		DR4 2-4 cm	DR4 4-6 cm	DR4 6-8 cm	DR5 Recente		DR5 0-2 cm		DR5 2-4 cm	DR5 4-6 cm	DR5 6-8 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	B	T	B	T	T	T
<i>Lagenammina</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i>	A	1,60	3,05	2,31	1,89	7,76	9,60	11,41	2,94	2,34	2,38	1,86	1,75	8,99	9,09
<i>Martinottiella nodulosa</i>	A	0,40	.	0,46	.	0,31	0,40	0,27	.	.	.	.	0,35	.	.
<i>Melonis</i> sp.	C	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Miliammina arenacea</i>	A	.	0,51	.	.	1,86	1,60	2,12	1,18	0,78	.	0,62	3,86	3,00	3,79
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>	P	1,20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nodulina dentaliniformis</i>	A	.	.	.	0,94	.	.	.	.	.	0,60	1,86	.	.	.
<i>Nodulina</i> sp.	A	.	.	0,93	.	0,31	.	.	0,88	.	.	.	.	.	.
<i>Nonion</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oolina globosa</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oolina ovoidea</i>	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,05	.	.
<i>Paratrochammina challengeri</i>	A	.	.	1,85	1,89	.	0,40	.	.	.	.	.	0,35	.	.
<i>Paratrochammina charlottensis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Portatrochammina antarctica subsp. antarctica</i>	A	0,40	0,51	1,39	0,94	1,55	0,80	1,06	1,76	.	7,74	0,62	1,05	0,37	1,14
<i>Portatrochammina eltaninae</i>	A	.	.	.	0,94	0,62	0,40	.	0,29	.	.	0,62	0,35	.	.
<i>Portatrochammina karica</i>	A	0,40	.	.	.	0,31	.	1,06	.	.	1,19	0,62	.	.	.
<i>Portatrochammina murrayi</i>	A	.	.	0,93	.	1,24	1,60	0,80	0,59	0,78	.	0,62	1,05	0,75	1,14
<i>Portatrochammina</i> sp.	A	1,20	.	1,39	.	.	.	0,80	0,29	.	1,19	1,86	.	.	.
<i>Psammosphaera fusca</i>	A	.	.	.	0,94	.	.	.	.	.	.	.	1,05	0,75	1,14
<i>Pseudobolivina antarctica</i>	A	0,40	.	.	.	0,62	1,20	0,80	0,29	1,56	2,38	0,62	1,40	1,87	0,38
<i>Pseudonodosinella nodulosa</i>	A	0,80	0,51	.	.	.	.	.	2,06	0,78	.	.	0,35	0,37	.
<i>Pullenia salisburyi</i>	C	.	0,51	.	.	.	.	.	.	1,56	.	.	.	.	.
<i>Recurvoides contortus</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,60	.	.	.	.
<i>Reophax irregularis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax minimus</i>	A	.	.	.	.	.	0,80	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax pilulifer</i>	A	0,80	1,52	.	0,94	.	.	.	.	.	1,19	2,48	.	.	.
<i>Reophax scorpiurus</i>	A	0,80	1,52	0,46	2,83	0,93	.	0,53	0,59	.	.	1,24	.	.	0,38
<i>Reophax</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	0,27	.	.	.	.	.	.	0,38
<i>Reophax subfusiformis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhabdammina linearis</i>	A	0,40	0,51	.	.	0,31	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccammina tubulata</i>	A	0,40	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccorhiza ramosa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Technitella</i> sp.	C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Textularia earlandi</i>	A	1,20	1,02	1,39	.	.	2,00	1,86	.	.	0,60	0,62	2,11	1,12	1,14
<i>Textularia</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,70	.	0,38

Continua

Apêndice G. Micrografias com as principais espécies de foraminíferos encontradas no Passagem de Drake, Antártica Ocidental.

Prancha 1

Prancha 1 – 1. *Deuterammina glabra* (ventral), 20µm; 1b. *Deuterammina glabra* (umbilical), 20µm; 2. *Deuterammina grisea* (ventral), 20µm; 2b. *Deuterammina grisea* (umbilical), 20µm; 3. *Portatrochammina bipolaris* (ventral), 20µm; 3b. *Portatrochammina bipolaris* (umbilical), 20µm; 4. *Portatrochammina eltaninae* (ventral), 20µm; 4b. *Portatrochammina eltaninae* (umbilical), 20µm; 5. *Portatrochammina quadricamerata* (ventral), 20µm; 5b. *Portatrochammina quadricamerata* (umbilical), 20µm; 6. *Portatrochammina pygmaea* (ventral), 20µm; 6b. *Portatrochammina pygmaea* (umbilical), 20µm; 7. *Lepidotrochammina lepida*, 30µm; 8. *Portatrochammina murrayi*, 20µm; 9. *Tritaxis britanica*, 30µm.

Prancha 2.

Prancha 2 – **1.** *Cribrostomoides crassimargo*, 20µm; **1b.** *Cribrostomoides crassimargo* (juvenil), 20µm; **2.** *Cribrostomoides jeffreysii*, 100µm; **3.** *Cribrostomoides subglobosa*, 20µm; **4.** *Haplophragmoides canariensis*, 30µm; **5.** *Haplophragmoides bradyi*, 20µm; **6.** *Adercotryma glomerata*, 30µm; **7.** *Milliamina arenacea*, 30µm; **8.** *Glomospira irregularis*, 20µm; **9.** *Veleroninoides wiesneri*, 30µm; **10.** *Thurammina antarctica*, 20µm; **11.** *Saccammina tubulata*, 20µm; **12.** *Saccammina aspera?*, 100µm; **13.** *Psamosphaera fusca*, 20µm; **14.** *Cystammina pauciloculata*, 20µm; **15.** *Cystammina argentea*, 30µm.

Prancha 3.

Prancha 3 – 1. *Melonis barleanus*, 20µm; 2. *Pullenia buloide*, 20µm; 3. *Epistionella exigua*, 20µm; 4. *Lobatula lobatula*, 100µm; 5. *Oolina ovoidea*, 30µm; 6. *Pseudocassidulina parkerianus*, 100µm; 7. *Trifarina angulosa*, 30µm; 8. *Bulimina aculeata*, 30µm; 9. *Bolivinellina pacifica*, 20µm; 10. *Ammobaculites agglutinans*, 100µm; 11. *Eratidus foliaceus*, 30µm; 12. *Textularia earlandi*, 30µm; 13. *Karrerulina apicularis*, 30µm; 14. *Spiroplectammina biformis*, 20µm; 15. *Pseudobolivina antarctica*, 20µm; 16. *Lagenammina laguncula*, 30µm.

Prancha 4.

Prancha 4 – 1. *Reophax dentaliniformis*, 200µm; 2. *Reophax pilulifera*, 100µm; 3. *Pseudonodosinella nodulosa*, 300µm; 4. *Jaculella obtusa*, 100µm; 5. *Loeblishopsis sabulosa*, 100µm; 6. *Rhabdammina linearis*, 100µm; 7. *Sarcorhyza ramosa*, 100µm; 8. *Bathysiphon minutum*, 20µm; 9. *Dendrophira arborencens*, 100µm; 10. *Hormisina normani*, 100µm; 11. *Ammodiscus incertus*, 100µm; 12. *Eggrella bradyi*, 20µm.

Apêndice H – Espécies raras pertencentes a Passagem do Drake OPXXXI, com frequência < 3 % que foram retiradas das análises estatísticas.

Espécies raras OPERANTAR XXXI			
<i>Adercotryma glomeratum</i>	<i>Eratidus foliaceus</i>	<i>Nodulina dentaliniformis</i>	<i>Technitella</i> sp.
<i>Agglutinella arenata</i>	<i>Fissurina fimbriata</i>	<i>Nodulina</i> sp.	<i>Textularia earlandi</i>
<i>Alliatinella differens</i>	<i>Fissurina laevigata</i>	<i>Nodulina</i> sp.	<i>Textularia</i> sp.
<i>Alterammina alternans</i>	<i>Fissurina marginata</i>	<i>Nonion</i> sp.	<i>Thurammina</i> sp.
<i>Ammobaculites agglutinans</i>	<i>Fissurina semimarginata</i>	<i>Oolina globosa</i>	<i>Trifarina angulosa</i>
<i>Ammobaculites exilis</i>	<i>Globocassidulina biora</i>	<i>Oolina ovoidea</i>	<i>Trifarina spinipes</i>
<i>Ammodiscus incertus</i>	<i>Globocassidulina crassa</i> subsp. <i>rossensis</i>	<i>Paratrochammina challengerii</i>	<i>Triloculina oblonga</i>
<i>Astrononion antarcticus</i>	<i>Globorotalia truncatulinoides</i>	<i>Paratrochammina charlottensis</i>	<i>Tritaxis absidata</i>
<i>Astrononion hamadaense</i>	<i>Glomospira gordialis</i>	<i>Planorbulina variabilis</i>	<i>Tritaxis antarctica</i>
<i>Atlantiella atlantica</i>	<i>Haynesina paucilocula</i>	<i>Portatrochammina karica</i>	<i>Tritaxis britannica</i>
<i>Bathysiphon filiformis</i>	<i>Heterolepa bradyi</i>	<i>Portatrochammina murrayi</i>	<i>Trochammina abyssorum</i>
<i>Bolivinellina pseudopunctata</i>	<i>Reophax pilulifer</i>	<i>Portatrochammina</i> sp.	<i>Trochammina hadai</i>
<i>Bulimina aculeata</i>	<i>Hormosinella distans</i>	<i>Psammospaera fusca</i>	<i>Trochammina inflata</i>
<i>Bulimina gibba</i>	<i>Hormosinelloides guttifer</i>	<i>Pseudobolivina antarctica</i>	<i>Trochammina quadricamerata</i>
<i>Buzasina galeata</i>	<i>Hyperammina cylindrica</i>	<i>Pullenia salisburyi</i>	<i>Trochammina</i> sp.
<i>Cassidulina teretis</i>	<i>Ioanella tumidula</i>	<i>Recurvoides contortus</i>	<i>Trochaminoides grzybowskii</i>
<i>Cassidulinoides parkeriana</i>	<i>Jaculella obtusa</i>	<i>Reophax irregularis</i>	<i>Thurammina</i> sp.
<i>Cibicides</i> sp.	<i>Karrerulina conversa</i>	<i>Reophax minimus</i>	<i>Glomospira charoides</i>
<i>Cibicidoides subhaidingerii</i>	<i>Lagenammina difflugiformis</i>	<i>Pseudonodosinella nodulosa</i>	<i>Uvigerina semiornata</i>
<i>Cribratomoides subglobosus</i>	<i>Lagenammina pacifica</i>	<i>Reophax scorpiurus</i>	<i>Eggerelloides advenus</i>
<i>Cymbaloporeta</i> sp.	<i>Lagenammina</i> sp.	<i>Reophax</i> sp.	<i>Virgulina riggii</i>
<i>Deuterammina grahami</i>	<i>Cibicidoides lobatulus</i>	<i>Reophax subfusiformis</i>	
<i>Earlandammina bullata</i>	<i>Martinottiella nodulosa</i>	<i>Rhabdammina linearis</i>	
<i>Eggerella bradyi</i>	<i>Melonis</i> sp.	<i>Saccammina tubulata</i>	
<i>Eggerella nitens</i>	<i>Neogloboquadrina pachyderma</i>	<i>Saccorhiza ramosa</i>	

Apêndice I – Correlação de Spearman das amostras coletadas na Passagem do Drake durante a OPERANTAR XXXI. Variáveis abióticas: % grânulos (Gr), % de lama (La), % areia (Ar), % CaCO₃, elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn) e variáveis bióticas: *Adercotryma glomeratum* (Ag), *Bolivinellina pacifica* (Bc), *Cribrostomoides sp.*(Cs), *Deuterammina glabra* (Dgl), *Deuterammina grisea* (Dgr), *Epistominella exigua* (Ee), *Fursenkoina riggii* (Fr), *Globocassidulina subglobosa* (Gs), *Glomospira irregulares* (Gi), *Haplophragmoides canariensis* (Hc), *Labrospira crassimargo* (Lc), *Lagenammina laguncula* (Ll), *Miliammina arenacea* (Ma) , *Lepidotrochammina lepida* (Pl), *Portatrochammina eltaninae* (Pe), *Textularia wiesneri* (Pw), *Tritaxis primitiva* (Tp), *Trochammina pygmaea* (Tpy), *Trochammina squamata* (Ts), *Veleroninoides scitula* (Vs), *Veleroninoides wiesneri* (Vw) e *Verneuilina minuta* (Vm).

	CaCO ₃	Gr	Ar	La	Al	As	Ca	Cd	Cu	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Ni	Pb	Sc	Ti	Zn	Ag	Bc	Cs	Dgl	Dgr	Ee	Fr	Gs	Gi	Hc	Lc	Ll	Ma	Pl	Pe	Pw	Tp	Tpy	Ts	Vs	Vw	Vm		
CaCO ₃																																											
Gr	0,15																																										
Ar	0,17	-0,78																																									
La	-0,31	-0,10	-0,43																																								
Al	0,26	0,10	0,05	-0,03																																							
As	-0,12	-0,29	0,51	-0,42	0,16																																						
Ca	0,17	-0,11	0,28	-0,16	0,66	0,12																																					
Cd	0,06	0,34	-0,48	0,30	0,24	-0,45	0,21																																				
Cu	-0,20	0,24	-0,15	0,04	0,56	0,23	0,14	0,26																																			
Fe	0,13	-0,01	0,30	-0,34	0,55	0,43	0,35	-0,31	0,36																																		
Hg	-0,28	-0,47	0,21	0,28	-0,32	-0,07	-0,01	0,02	-0,17	-0,28																																	
K	0,62	0,17	0,12	-0,36	0,04	-0,11	0,04	0,02	-0,28	0,07	-0,47																																
Mg	0,16	0,07	0,26	-0,22	0,47	0,23	0,21	-0,11	0,58	0,69	-0,21	0,16																															
Mn	-0,12	-0,30	0,40	-0,13	0,56	0,57	0,44	-0,17	0,56	0,50	0,12	-0,39	0,39																														
Ni	0,19	0,39	-0,22	0,04	0,48	0,14	0,17	0,33	0,50	0,40	-0,09	0,04	0,53	0,31																													
Pb	-0,08	-0,10	0,39	-0,31	0,39	0,63	0,28	-0,30	0,53	0,73	-0,18	-0,19	0,59	0,53	0,25																												
Sc	0,19	0,04	-0,08	0,18	0,34	-0,15	0,72	0,35	0,02	-0,02	0,11	0,04	0,03	0,14	0,23	-0,14																											
Ti	0,25	0,04	0,23	-0,26	0,74	0,25	0,58	0,21	0,37	0,52	-0,39	0,25	0,42	0,29	0,37	0,45	0,10																										
Zn	-0,19	-0,03	0,20	-0,15	0,18	0,16	0,43	-0,08	0,23	0,16	0,10	-0,08	0,35	0,28	0,18	0,36	0,20	0,26																									
Ag	-0,10	-0,16	0,13	-0,12	0,21	0,27	-0,13	-0,27	0,21	0,19	0,29	-0,36	0,06	0,41	0,09	0,15	-0,27	0,00	-0,07																								
Bc	0,02	-0,09	0,32	-0,44	0,31	0,15	0,41	-0,10	0,19	0,27	-0,12	-0,03	0,22	0,39	-0,04	0,25	0,23	0,14	0,36	0,25																							
Cj	-0,24	-0,28	0,20	-0,01	0,01	0,25	-0,18	-0,16	0,15	-0,05	0,43	-0,51	-0,20	0,39	-0,09	-0,03	-0,29	-0,15	-0,27	0,49	0,06																						
Cs	0,26	0,09	-0,01	-0,19	-0,16	0,00	-0,09	-0,21	-0,29	0,01	-0,13	0,17	-0,15	-0,04	-0,03	-0,24	0,08	-0,21	-0,31	0,04	0,17																						
Dgl	-0,31	-0,19	0,45	-0,30	-0,08	0,51	-0,05	-0,50	0,15	0,46	0,05	-0,15	0,39	0,31	0,11	0,61	-0,39	0,19	0,38	0,19	0,23	-0,16																					
Dgr	-0,09	-0,18	0,03	0,12	0,09	-0,19	-0,06	-0,03	0,11	0,06	0,29	-0,46	0,04	0,03	-0,24	0,09	-0,16	-0,07	-0,07	0,39	0,19	-0,23	-0,08																				
Ee	-0,08	-0,18	0,23	-0,24	0,29	0,25	0,32	-0,26	0,16	0,25	-0,02	-0,09	0,12	0,60	-0,07	0,04	0,33	-0,05	-0,02	0,32	0,39	0,18	-0,02	-0,13																			
Fr	0,30	-0,05	0,22	-0,28	0,20	0,24	0,00	-0,26	0,14	0,22	-0,09	0,24	0,26	0,32	0,28	0,04	0,06	-0,04	0,05	0,15	0,24	-0,07	-0,06	0,04	0,34																		
Gs	0,11	-0,28	0,36	-0,23	0,38	0,44	0,29	-0,34	0,16	0,36	0,12	-0,19	0,10	0,72	0,07	0,22	0,17	0,07	-0,15	0,49	0,22	0,29	0,07	-0,10	0,81	0,27																	
Gi	-0,14	-0,30	0,22	0,18	0,28	0,32	0,05	0,00	0,40	0,28	0,23	-0,50	0,15	0,68	0,26	0,26	-0,04	0,08	-0,15	0,33	0,11	-0,14	0,27	0,23	0,33	0,24	0,46																
Hc	-0,26	-0,35	0,27	-0,03	0,10	0,50	0,08	-0,51	-0,08	0,28	0,22	-0,38	-0,04	0,26	-0,10	0,31	-0,05	0,04	0,07	0,67	0,14	0,05	0,32	0,21	0,22	-0,10	0,37	0,14															
Lc	-0,38	-0,19	0,19	-0,07	-0,08	0,31	-0,07	-0,51	-0,02	0,34	0,23	-0,29	0,14	0,23	0,01	0,24	-0,24	0,02	0,00	0,47	-0,02	0,33	0,49	0,01	0,19	-0,26	0,37	0,05	0,62														
Ll	0,01	-0,25	0,27	-0,28	0,02	0,32	-0,03	-0,33	-0,06	0,08	0,35	-0,22	-0,15	0,26	-0,11	0,17	-0,20	-0,12	0,02	0,81	0,33	0,03	0,17	0,43	0,18	0,22	0,34	0,16	0,61	0,33													
Ma	-0,04	0,24	-0,27	0,05	-0,23	-0,21	-0,27	0,36	-0,03	-0,52	0,03	-0,09	-0,32	-0,30	-0,02	-0,30	-0,13	-0,18	-0,14	-0,22	-0,11	-0,25	-0,25	0,17	-0,36	0,20	-0,43	-0,03	-0,47	-0,53	-0,10												
Pl	0,11	0,34	-0,30	0,22	0,10	-0,42	0,15																																				

Apêndice J - Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXII, do testemunho Drake 1. Espécies calcárias ou aglutinantes (A/C); densidade da biocenose e tanatocenose em 20 cm³ de sedimento (N); riqueza de espécies (S); índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E).

	C/A	D1 Recente		D1 0-2 cm		D1 2-4 cm	D1 4-6 cm	D1 6-8 cm	D1 8-10 cm	D1 10-12 cm	D1 12-14 cm	D1 14-16 cm	D1 16-18 cm	D1 18-20 cm
N (Total indivíduos/20cm³)		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
S		403	219	466	147	304	335	281	231	145	220	109	62	82
(1-D)		55	36	60	37	41	48	45	40	32	36	29	23	29
H'		0,94	0,93	0,94	0,95	0,94	0,95	0,96	0,96	0,94	0,95	0,95	0,94	0,95
E		3,37	3,1	3,96	3,29	3,22	3,35	3,41	3,33	3,13	3,22	3,1	3,0	3,12
		0,84	0,86	0,82	0,91	0,87	0,87	0,9	0,9	0,9	0,9	0,92	0,95	0,93
<i>Adercotryma glomeratum</i>	A	9,68	4,11	3,86	9,71	3,62	3,58	4,27	3,90	3,45	4,09	7,34	3,23	8,54
<i>Adercotryma wrighti</i>	A	.	.	2,58	0,97	2,96	2,69	1,78	2,60	.	.	.	.	.
<i>Alterammina alternans</i>	A	3,47	6,85	0,43	3,88	3,29	7,16	4,27	3,90	2,07	5,91	3,67	4,84	8,54
<i>Ammobaculites agglutinans</i>	A	0,50	.	0,43	.	.	.	.	1,73	2,76	2,27	0,92	1,61	1,22
<i>Ammodiscus anguillae</i>	A	.	.	0,21	.	.	0,60	0,36	.	.	.	.	.	.
<i>Ammodiscus incertus</i>	A	2,48	0,68	1,93	2,91	2,30	.	1,42	0,43	.	.	0,92	.	.
<i>Ammoglobigerina pygmaea</i>	A	2,48	6,85	0,43	1,94	1,97	0,30	2,49	4,33	.	1,82	5,50	.	4,88
<i>Bathysiphon filiformis</i>	A	0,25	.	0,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bathysiphon neapolitanum</i>	A	0,50	0,68	0,21	.	0,66	.	.	0,43	.	.	.	.	.
<i>Bathysiphon</i> sp.	A	0,74	.	0,86	0,97	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cribrostomoides jeffreysii</i>	A	.	5,48	2,58	7,77	11,51	4,78	3,20	3,90	4,14	6,82	1,83	3,23	3,66
<i>Cribrostomoides</i> sp.	A	6,95	.	0,21	.	2,63	.	.	1,73	1,38	.	.	.	.
<i>Cribrostomoides subglobosus</i>	A	1,49	10,96	3,43	3,88	3,29	3,28	4,27	4,76	6,21	4,09	6,42	11,29	8,54
<i>Cystammina argentea</i>	A	0,99	.	0,21	0,97	1,32	0,90	2,14	.	.	.	.	.	.
<i>Cystammina pauciloculata</i>	A	.	0,68	0,43	6,80	1,64	0,90	2,49	5,63	4,14	4,09	6,42	4,84	3,66
<i>Dendronina arborescens</i>	A	.	.	0,43	.	0,99	1,19	0,36	0,43	0,69	.	.	.	.
<i>Deuterammina glabra</i>	A	.	.	0,43	.	.	0,30	.	.	.	0,45	.	.	.
<i>Deuterammina grahami</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	0,43	0,69	0,91	.	.	1,22
<i>Deuterammina grisea</i>	A	4,71	1,37	5,36	1,94	10,20	4,78	8,19	9,09	2,76	3,64	3,67	3,23	7,32
<i>Duquepsammia</i> sp.	A	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Earlandammina bullata</i>	A	1,49	8,90	12,88	2,91	3,29	1,49	1,78	3,46	2,76	2,27	1,83	4,84	2,44

Continua

Continuação

	C/A	D1 Recente		D1 0-2 cm		D1 2-4 cm	D1 4-6 cm	D1 6-8 cm	D1 8-10 cm	D1 10-12 cm	D1 12-14 cm	D1 14-16 cm	D1 16-18 cm	D1 18-20 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
<i>Eggerella bradyi</i>	A	0,50	0,68	0,21	.	.	.	.	.	1,38	.	0,92	.	1,22
<i>Eggerella minuta</i>	A	0,25	.	0,21	1,94	0,66	0,90	0,36	0,43	0,69	1,36	0,92	1,61	.
<i>Epistominella exigua</i>	C	.	2,74	0,21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eratidus foliaceus</i>	A	13,40	5,48	11,59	3,88	12,83	12,54	7,12	2,60	2,76	11,36	2,75	8,06	3,66
<i>Evolutinella rotulata</i>	A	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glomospira charoides</i>	A	0,99	.	2,15	1,94	2,30	.	2,14	2,60	2,76	3,18	4,59	.	2,44
<i>Glomospira gordialis</i>	A	0,50	.	0,86	.	0,33	2,99	0,71	1,30	.	.	0,92	.	.
<i>Haplophragmoides canariensis</i>	A	0,99	0,68	0,86	0,97	1,32	3,28	4,27	4,33	15,17	8,64	6,42	.	4,88
<i>Hyperammina fragilis</i>	A	.	.	0,21	.	.	0,90	1,07	0,87	.	.	.	.	.
<i>Hyperammina</i> sp.	A	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ioanella tumidula</i>	C	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Jaculella obtusa</i>	A	0,99	1,37	1,72	.	.	0,30	.	0,43	.	0,45	.	.	.
<i>Karreriella bradyi</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,22
<i>Karrerulina conversa</i>	A	0,25	.	0,21	.	.	0,30	0,36	0,43	.	.	.	.	1,22
<i>Labrospira crassimargo</i>	A	.	.	.	.	.	.	1,07	.	.	.	.	.	.
<i>Lagenammina difflugiformis</i>	A	0,50	.	1,93	.	1,32	1,19	1,42	1,30	3,45	2,73	3,67	.	.
<i>Lagenammina laguncula</i>	A	4,71	0,68	3,00	3,88	4,93	4,18	8,19	3,03	2,07	1,82	3,67	3,23	1,22
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i>	A	1,49	0,68	1,72	1,94	1,32	1,79	2,49	6,49	4,83	4,55	9,17	9,68	6,10
<i>Loeblichopsis sabulosa</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	0,87	2,76	4,09	3,67	.	2,44
<i>Marsipella elongata</i>	A	.	.	.	.	.	0,60	.	.	.	.	.	.	.
<i>Melonis barleeanus</i>	C	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nodellum membranaceum</i>	A	.	.	.	.	.	0,30	0,36	.	.	.	.	.	.
<i>Nodulina dentaliniformis</i>	A	0,50	2,05	.	0,97	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nodulina</i> sp.	A	.	.	0,64	.	0,33	0,90	0,36	.	.	.	.	.	.
<i>Nouria atlantica</i>	A	.	.	.	.	.	0,30	.	.	0,69	0,45	.	.	.
<i>Paratrochammina challengerii</i>	A	1,99	1,37	.	.	0,66	0,30	0,36	1,73	0,69	.	0,92	3,23	.

Continua

Continuação

	C/A	D1 Recente		D1 0-2 cm		D1 2-4 cm	D1 4-6 cm	D1 6-8 cm	D1 8-10 cm	D1 10-12 cm	D1 12-14 cm	D1 14-16 cm	D1 16-18 cm	D1 18-20 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
<i>Paratrochamminoides olszewskii</i>	A	.	.	0,43	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Portatrochammina antarctica subsp. antarctica</i>	A	.	.	1,07	3,88	2,30	3,58	5,34	1,73	2,07	0,45	0,92	4,84	4,88
<i>Portatrochammina eltaninae</i>	A	1,49	2,05	0,43	.	0,66	0,30	.	.	.	.	.	.	.
<i>Portatrochammina karica</i>	A	3,97	2,74	5,15	2,91	4,28	6,27	6,76	6,49	5,52	5,91	6,42	4,84	7,32
<i>Portatrochammina murrayi</i>	A	5,21	1,37	0,43	.	.	1,49	.	0,43	2,07	0,91	.	1,61	.
<i>Portatrochammina</i> sp.	A	1,74	.	2,58	.	.	4,48	.	.	.	.	.	.	.
<i>Psammosiphonella cylindrica</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1,36	.	.	.
<i>Psammosphaera fusca</i>	A	0,99	0,68	0,86	0,97	.	.	.	.	3,45	1,82	1,83	.	2,44
<i>Pseudobolivina antarctica</i>	A	0,74	.	0,21	0,97	0,66	0,30	0,71	.	1,38	0,45	.	.	.
<i>Pseudonodosinella nodulosa</i>	A	.	.	0,64	.	.	0,30	0,71	.	.	.	.	.	.
<i>Pullenia bulloides</i>	C	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pullenia quadriloba</i>	C	0,99	.	0,21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Recurvoidella bradyi</i>	A	2,73	6,16	6,65	4,85	0,99	5,67	1,42	7,36	11,03	5,00	8,26	4,84	1,22
<i>Recurvoides contortus</i>	A	0,50	.	0,21	0,97	.	0,60	0,36	.	.	.	.	1,61	.
<i>Reophax agglutinatus</i>	A	.	.	.	.	.	0,30	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax apiculatus</i>	A	.	.	.	.	.	0,30	.	0,43	.	.	.	.	.
<i>Reophax eximius</i>	A	0,25	.	0,43	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax pilulifer</i>	A	.	.	.	0,97	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax pilulifera</i>	A	0,25	1,37	0,86	0,97	.	.	.	.	.	0,45	.	.	.
<i>Reophax scorpiurus</i>	A	.	1,37	.	0,97	0,33	.	0,71	.	.	.	.	.	1,22
<i>Reophax</i> sp.	A	0,25	0,68	.	1,94	.	.	0,36	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax subfusiformis</i>	A	.	.	.	.	.	.	0,36	.	.	.	.	.	.
<i>Rhabdammina linearis</i>	A	.	0,68	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhabdammina</i> sp.	A	.	.	.	.	0,66	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccammina aspera?</i>	A	0,25	1,37	0,64	.	2,96	.	.	.	.	.	.	.	1,22

Continua

Continuação

	C/A	D1 Recente		D1 0-2 cm		D1 2-4 cm	D1 4-6 cm	D1 6-8 cm	D1 8-10 cm	D1 10-12 cm	D1 12-14 cm	D1 14-16 cm	D1 16-18 cm	D1 18-20 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
<i>Saccammina globosa</i>	A	.	.	.	.	.	0,30	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccammina</i> sp.	A	.	0,68	.	0,97	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccammina tubulata</i>	A	0,99	.	0,43	0,97	1,64	.	1,07	2,60	.	.	.	.	.
<i>Saccorhiza ramosa</i>	A	1,99	0,68	0,64	1,94	0,33	0,60	.	0,43	.	0,45	.	.	.
<i>Saccorhiza</i> sp.	A	.	.	0,21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Spiroplectammina biformis</i>	A	6,20	11,64	7,73	10,68	4,28	5,07	2,14	3,03	2,76	3,18	3,67	.	1,22
<i>Spirosigmoilina tenuis</i>	A	.	.	.	.	.	0,30	.	.	.	.	.	.	1,22
<i>Textularia earlandi</i>	A	1,24	0,68	0,43	0,97	0,33	1,49	3,56	1,30	.	.	0,92	4,84	3,66
<i>Textularia</i> sp.	A	0,25	.	.	.	0,33	.	.	.	.	.	0,92	.	.
<i>Textularia wiesneri</i>	A	.	.	0,64	.	.	.	.	.	.	1,36	.	.	.
<i>Tholosina sedentata</i>	A	0,74	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thurammina antarctica</i>	A	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tritaxis antarctica</i>	A	.	.	.	1,94	.	.	1,07	.	0,69	.	.	4,84	1,22
<i>Tritaxis primitiva</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,92	3,23	.
<i>Tritaxis</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	0,36	.	.	.	.	.	.
<i>Trochammina conica</i>	A	.	0,68	0,21	.	.	.	.	1,73	.	1,36	.	.	.
<i>Trochammina inflata</i>	A	.	.	2,15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trochammina quadricamerata</i>	A	2,98	4,11	1,72	1,94	0,99	0,90	2,14	0,87	0,69	0,91	.	4,84	.
<i>Trochammina</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,45	.	.	.
<i>Trochammina squamata</i>	A	0,25	.	0,86	.	0,66	1,19	1,07	.	2,07	0,91	.	0,00	.
<i>Veleroninoides scitulus</i>	A	.	.	0,21	.	2,63	2,69	3,20	.	.	.	.	.	.
<i>Veleroninoides wiesneri</i>	A	1,49	0,68	0,86	0,97	0,33	1,19	1,42	0,43	.	.	.	1,61	.

Apêndice K - Densidade relativa das espécies pertencentes a Passagem do Drake coletadas durante a OPERANTAR XXXII, do testemunho Drake 1B. Espécies calcárias ou aglutinantes (A/C); densidade da biocenose e tanatocenose em 20 cm³ de sedimento (N); riqueza de espécies (S); índice de Simpson (1-D), índice de Shannon (H') e equitatividade (E).

	C/A	DIB Recente		DIB 0-2 cm		DIB 2-4 cm	DIB 4-6 cm	DIB 6-8 cm	DIB 8-10 cm	DIB 10-12 cm	DIB 12-14 cm	DIB 14-16 cm	DIB 16-18 cm	DIB 18-20 cm
N (Total indivíduos/20cm³)		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
S		784	366	720	424	564	568	357	299	266	230	149	166	174
(1-D)		55	38	53	44	43	40	46	39	37	36	30	33	31
H'		0,95	0,94	0,95	0,94	0,96	0,95	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,95	0,94
E		3,44	3,24	3,43	3,35	3,40	3,27	3,37	3,32	3,27	3,24	3,07	3,17	30,4
		0,85	0,89	0,86	0,88	0,9	0,89	0,88	0,91	0,91	0,9	0,9	0,91	0,89
<i>Adercotryma glomeratum</i>	A	5,12	4,92	8,82	4,72	5,67	3,87	3,36	4,35	6,39	3,48	2,68	1,20	2,30
<i>Adercotryma wrighti</i>	A	1,22	4,37	0,50	2,36	3,90	3,17	2,80	2,34	1,50	.	1,34	.	0,57
<i>Alliatinella differens</i>	A	.	.	0,25	1,89	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alterammina alternans</i>	A	3,66	3,28	4,03	1,89	5,32	3,52	5,32	6,35	6,02	4,78	7,38	5,42	8,05
<i>Ammobaculites agglutinans</i>	A	1,22	.	1,01	.	.	1,06	1,12	0,67	0,38	0,43	2,68	0,60	1,15
<i>Ammodiscus anguillae</i>	A	0,24	.	.	.	.	0,35	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ammodiscus incertus</i>	A	0,98	1,09	2,52	0,47	2,13	3,17	1,68	1,67	.	0,43	.	.	0,57
<i>Ammoglobigerina pygmaea</i>	A	2,20	4,37	0,50	4,25	1,77	1,41	1,96	2,34	3,38	3,48	3,36	2,41	2,30
<i>Bathysiphon filiformis</i>	A	0,49	.	.	.	.	.	0,28	.	.	.	.	.	.
<i>Bathysiphon neapolitanum</i>	A	.	.	.	1,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bolivinellina pacifica</i>	C	.	.	0,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i>	A	6,83	5,46	6,80	7,08	3,90	10,92	0,56	6,02	6,39	5,22	.	1,20	2,30
<i>Cribr stomoides sp.</i>	A	.	.	.	.	4,61	.	.	.	0,00	3,48	.	.	.
<i>Cribr stomoides subglobosus</i>	A	1,95	4,37	2,27	4,25	.	3,52	5,88	4,01	3,76	7,83	10,74	9,64	4,60
<i>Cystamina argentea</i>	A	0,49	0,55	.	0,47	1,06	0,35	0,84	2,34	1,50	.	2,01	1,20	1,15
<i>Cystamina pauciloculata</i>	A	0,98	0,55	1,01	1,89	3,55	2,11	1,40	2,01	2,63	4,78	3,36	3,61	4,02
<i>Dendronina arborescens</i>	A	0,73	.	1,51	.	.	2,46	0,84	.	.	0,43	.	.	.
<i>Deuterammina glabra</i>	A	.	.	0,50	.	.	0,35	.	.	0,75	.	.	.	.
<i>Deuterammina grahami</i>	A	.	.	0,25	.	0,71	.	1,12	.	1,88	0,43	1,34	.	1,15
<i>Deuterammina grisea</i>	A	2,68	3,83	8,06	1,42	5,32	8,80	3,08	0,67	1,13	6,09	8,72	4,82	4,02

Continua

Continuação

	C/A	DIB Recente		DIB 0-2 cm		DIB 2-4 cm	DIB 4-6 cm	DIB 6-8 cm	DIB 8-10 cm	DIB 10-12 cm	DIB 12-14 cm	DIB 14-16 cm	DIB 16-18 cm	DIB 18-20 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
<i>Earlandamina bullata</i>	A	2,20	8,20	2,52	4,72	4,61	4,93	4,20	7,69	3,38	3,91	2,68	2,41	4,02
<i>Eggerella bradyi</i>	A	0,73	4,92	.	1,89	.	0,70	.	1,00	0,38	.	.	0,60	.
<i>Eggerella minuta</i>	A	2,44	.	1,01	1,89	1,06	.	0,56	1,00	.	0,43	.	1,20	.
<i>Epistominella exigua</i>	C	2,44	2,73	0,50	6,13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eratidus foliaceus</i>	A	5,85	12,02	.	11,32	7,45	7,75	5,32	6,02	8,27	6,09	5,37	4,82	15,52
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	C	0,49	.	7,56	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Globoturborotalita rubescens</i>	P	.	.	.	0,47	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glomospira charoides</i>	A	0,98	0,55	1,26	0,47	0,35	.	1,96	1,34	1,88	2,61	.	1,20	1,15
<i>Glomospira gordialis</i>	A	.	.	1,26	0,47	0,35	1,06	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glomospira irregularis</i>	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,43	.	.	.
<i>Haplophragmoides canariensis</i>	A	0,49	.	2,52	0,47	3,55	1,06	7,56	1,34	3,38	1,74	6,71	7,83	5,17
<i>Hormosina normani</i>	A	.	.	.	.	0,35	.	0,28	.	.	.	.	.	.
<i>Hormosina</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	.	0,33	0,38	.	.	.	.
<i>Hormosinella distans</i>	A	0,49	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,60	.
<i>Hyperammina fragilis</i>	A	0,73	.	.	.	0,71	.	.	0,33	.	.	.	0,60	.
<i>Hyperammina laevigata</i>	A	0,49	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Jaculella obtusa</i>	A	2,68	0,55	2,27	.	1,42	1,41	.	.	0,38	.	.	.	.
<i>Karrieriella bradyi</i>	A	0,24	.	0,76	.	.	.	.	.	0,38	.	.	.	1,72
<i>Karrerulina conversa</i>	A	.	.	0,25	.	.	0,35	.	.	.	.	0,67	.	.
<i>Labrospira crassimargo</i>	A	.	0,55	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lagena nebulosa</i>	C	.	.	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lagenammina difflugiformis</i>	A	1,71	1,64	1,51	0,94	1,42	1,06	1,68	2,68	2,63	2,61	2,01	5,42	5,17
<i>Lagenammina laguncula</i>	A	3,17	1,09	3,02	3,77	3,19	4,58	6,44	5,02	3,38	2,61	1,34	6,63	1,15
<i>Lagenammina</i> sp.	A	0,24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lagenosolenia incomposita</i>	C	0,24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i>	A	0,73	2,19	1,76	0,47	2,13	2,46	0,84	2,34	4,51	4,35	4,03	7,83	5,17
<i>Loeblichopsis sabulosa</i>	A	0,24	.	0,50	0,94	.	0,35	.	0,33	1,13	0,43	0,67	2,41	0,57

Continua

Continuação

	C/A	DIB Recente		DIB 0-2 cm		DIB 2-4 cm	DIB 4-6 cm	DIB 6-8 cm	DIB 8-10 cm	DIB 10-12 cm	DIB 12-14 cm	DIB 14-16 cm	DIB 16-18 cm	DIB 18-20 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
<i>Miliammina arenacea</i>	A	0,24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nodulina dentaliniformis</i>	A	0,73	0,55	.	0,47	0,35	1,06	0,56	0,33	0,75	0,43	.	.	.
<i>Nodulina</i> sp.	A	0,24	.	1,26	.	0,35	0,70	0,28	.	.	.	0,67	0,60	.
<i>Paratrochammina challengerii</i>	A	0,24	.	0,50		0,35	.	1,40	0,33	.	0,87	.	.	.
<i>Portatrochammina antarctica</i> subsp. <i>antarctica</i>	A	3,41	6,56	5,04	0,47	2,48	.	3,92	2,68	4,14	6,09	5,37	3,61	8,62
<i>Portatrochammina eltaninae</i>	A	0,49	1,09	1,01	.	1,06	.	0,28	.	.	.	.	.	.
<i>Portatrochammina karica</i>	A	7,80	0,55	5,29	2,83	5,32	5,28	5,88	4,68	4,89	8,70	7,38	6,02	5,75
<i>Portatrochammina murrayi</i>	A	4,15	2,19	0,76	0,47	2,48	3,52	2,52	9,03	9,02	3,04		2,41	.
<i>Portatrochammina</i> sp.	A	.	.	1,26	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Psammosiphonella cylindrica</i>	A	0,24	.	0,25	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Psammosphaera fusca</i>	A	0,24	1,09	0,25	.	.	.	0,28	.	0,75	.	.	0,60	0,57
<i>Pseudobolivina antarctica</i>	A	1,22	.	.	0,47	.	0,35	0,28	0,67	0,38	1,30	0,67	0,60	0,57
<i>Pullenia quadriloba</i>	C	.	.	0,50	.	0,35	0,35	.	.	.	.	1,34	.	.
<i>Recurvoidella bradyi</i>	A	4,39	1,64	6,05	0,94	6,74	3,17	10,08	5,69	4,89	5,65	8,05	6,02	4,02
<i>Recurvoides contortus</i>	A	.	0,55	0,25	1,42	.	.	1,40	0,33	.	1,30	.	1,81	0,57
<i>Reophax apiculatus</i>	A	.	.	0,50	0,47	1,06	.	.	.	0,75	.	.	.	.
<i>Reophax eximius</i>	A	.	.	.	.	0,35	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax pilulifera</i>	A	.	2,19	0,25	2,36	.	.	0,56	.	.	.	.	.	.
<i>Reophax scorpiurus</i>	A	0,73	0,55	0,76	2,36	.	0,70	0,56	.	0,38	0,43	.	.	.
<i>Rhabdammina</i> sp.	A	.	1,09	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saccammina aspera?</i>	A	1,46	.	0,50	5,66	1,06	3,52	1,40	1,67	.	.	.	.	.
<i>Saccammina tubulata</i>	A	1,71	2,73	0,76	0,47	1,77	0,35	0,84	.	.	1,30	0,67	.	.
<i>Saccorhiza ramosa</i>	A	.	0,55	.	1,42	0,71	.	0,28	.	.	.	.	.	.
<i>Spiroplectammina biformis</i>	A	13,17	6,01	5,54	7,08	5,32	5,63	3,64	3,01	2,63	1,74	4,03	1,20	3,45
<i>Textularia earlandi</i>	A	0,98	2,73	1,01	3,77	1,06	1,06	1,12	1,67	1,88	1,74	2,01	.	3,45
<i>Textularia</i> sp.	A	.	.	.	.	.	.	0,28	.	.	.	.	.	.

Continua

Continuação

	C/A	DIB Recente		DIB 0-2 cm		DIB 2-4 cm	DIB 4-6 cm	DIB 6-8 cm	DIB 8-10 cm	DIB 10-12 cm	DIB 12-14 cm	DIB 14-16 cm	DIB 16-18 cm	DIB 18-20 cm
		T	B	T	B	T	T	T	T	T	T	T	T	T
<i>Textularia wiesneri</i>	A	.	.	.	0,47	.	.	.	.	.	.	.	3,01	.
<i>Thurammina antarctica</i>	A	0,24	0,55	.	.	0,35	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Triloculina oblonga</i>	C	.	.	.	0,47	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tritaxis antarctica</i>	A	.	.	.	0,47	.	.	0,28	0,67	.	.	.	1,81	.
<i>Trochammina quadricamerata</i>	A	0,49	1,64	0,76	1,89	0,71	1,41	2,24	1,34	1,88	.	.	.	0,57
<i>Trochammina</i> sp.	A	.	0,55	.	.	3,19	.		2,68	.	0,87	.	0,60	.
<i>Trochammina squamata</i>	A	0,98	.	.	.	0,35	.	0,28	1,67	1,88	.	1,34	.	.
<i>Veleroninoides scitulus</i>	A	.	.	1,01	.	.	0,35	.	.	.	.	0,67	.	.
<i>Veleroninoides wiesneri</i>	A	1,22	.	1,01	.	.	1,76	2,52	1,34	.	0,43	0,67	.	0,57

Apêndice L - Espécies raras pertencentes a Passagem do Drake OPXXXII, com frequência < 5 % que foram retiradas das análises estatísticas.

Espécies raras OPXXXII			
<i>Adercotryma wrighti</i>	<i>Hyperammina fragilis</i>	<i>Pullenia bulloides</i>	<i>Thurammina antarctica</i>
<i>Alliatinella differens</i>	<i>Hyperammina laevigata</i>	<i>Pullenia quadriloba</i>	<i>Triloculina oblonga</i>
<i>Ammobaculites agglutinans</i>	<i>Hyperammina</i> sp.	<i>Recurvoides contorta</i>	<i>Tritaxis antarctica</i>
<i>Ammodiscus anguillae</i>	<i>Ioanella tumidula</i>	<i>Reophax agglutinatus</i>	<i>Tritaxis primitiva</i>
<i>Ammodiscus incertus</i>	<i>Jaculella obtusa</i>	<i>Reophax apiculatus</i>	<i>Tritaxis</i> sp.
<i>Bathysiphon filiformis</i>	<i>Karrerella bradyi</i>	<i>Reophax eximius</i>	<i>Trochammina conica</i>
<i>Bathysiphon minutum</i>	<i>Karrerulina apicularis</i>	<i>Reophax nodulosus</i>	<i>Trochammina inflata</i>
<i>Bathysiphon</i> sp.	<i>Labrospira crassimargo</i>	<i>Reophax pilulifera</i>	<i>Trochammina quadricamerata</i>
<i>Bolivinellina pacifica</i>	<i>Lagena nebulosa</i>	<i>Reophax scorpiurus</i>	<i>Trochammina</i> sp.
<i>Bolivinopsi</i> sp.	<i>Lagenammina</i> sp.	<i>Reophax</i> sp.	<i>Trochammina squamata</i>
<i>Cystammina argentea</i>	<i>Lagenosolenia incomposita</i>	<i>Reophax subfusiformis</i>	<i>Trochamminoides olszewskii</i>
<i>Dendronina arborescens</i>	<i>Loeblichopsis sabulosa</i>	<i>Rhabdammina cylindrica</i>	<i>Usbekistania charoides</i>
<i>Deuterammina glabra</i>	<i>Marsipella elongata</i>	<i>Rhabdammina linearis</i>	<i>Veleroninoides scitula</i>
<i>Deuterammina grahami</i>	<i>Melonis barleeanus</i>	<i>Rhabdammina</i> sp.	<i>Veleroninoides wiesneri</i>
<i>Eggerella bradyi</i>	<i>Milliammina arenacea</i>	<i>Saccammina aspera?</i>	<i>Verneuilina minuta</i>
<i>Epistominella exigua</i>	<i>Nodellum membranaceum</i>	<i>Saccammina globosa</i>	
<i>Evolutinella rotulata</i>	<i>Nodulina dentaliniformis</i>	<i>Saccammina</i> sp.	
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	<i>Nodulina</i> sp.	<i>Saccammina tubulata</i>	
<i>Globoturborotalita rubescens</i>	<i>Nouria atlantica</i>	<i>Saccorhiza ramosa</i>	
<i>Glomospira gordialis</i>	<i>Paratrochammina challengerii</i>	<i>Saccorhiza</i> sp.	
<i>Glomospira irregularis</i>	<i>Portatrochammina eltaninae</i>	<i>Spirosigmoilina tenuis</i>	
<i>Hormosina globulifera</i>	<i>Portatrochammina</i> sp.	<i>Textularia earlandi</i>	
<i>Hormosina normani</i>	<i>Psammosiphonella cylindrica</i>	<i>Textularia</i> sp.	
<i>Hormosina</i> sp.	<i>Psammosphaera fusca</i>	<i>Textularia wiesneri</i>	
<i>Hormosinella distans</i>	<i>Pseudobolivina antarctica</i>	<i>Tholosina sedentata</i>	

Apêndice M - Correlação de Spearman das amostras coletadas durante a OPXXXII na Passagem do Drake. Variáveis abióticas: % de lama (L), % areia (A), elementos maiores e traço (Al, As, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sc, Ti, Zn) e variáveis bióticas: Em destaque correlações acima de 0,70. *Adercotryma glomerata* (Ag), *Alterammina alternans* (Aa), *Cribrostomoides jeffreysii* (Cj), *Cribrostomoides* sp. (Csp), *Cribrostomoides subglobosa* (Cs), *Cystammina pauciloculata* (Cp), *Deuterammina grisea* (Dg), *Earlandammina bullata* (Eb), *Eratidus foliaceus* (Ef), *Haplophragmoides canariensis* (Hc), *Lagenammina difflugiformis* (Ld), *Lagenammina laguncula*, *Lepidoparatrochammina lepida* (Pl), *Portatrochammina antarctica* (Pa), *Portatrochammina karica* (Pk), *Portatrochammina murrayi* (Pm), *Recurvoidella bradyi* (Rb), *Spiroplectammina bififormis* (Sb), *Trochammina pygmaea* (Tpy).

	A	L	Al	As	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Ni	Pb	Sc	Ti	Zn	Ag	Aa	Cj	Csp	Cs	Cp	Dg	Eb	Ef	Hc	Ld	Ll	Pl	Pa	Pk	Pm	Rb	Sb	
A																																			
L	-1,00																																		
Al	0,37	-0,37																																	
As	-0,22	0,22	0,18																																
Ca	0,26	-0,26	0,91	0,12																															
Cd	-0,17	0,17	-0,05	-0,16	-0,15																														
Cu	-0,24	0,24	0,04	-0,17	-0,04	0,47																													
Fe	0,20	-0,20	0,90	0,22	0,88	-0,12	0,18																												
K	0,21	-0,21	0,61	0,25	0,57	-0,44	-0,28	0,60																											
Mg	0,23	-0,23	0,76	0,10	0,86	-0,16	-0,17	0,83	0,61																										
Mn	-0,29	0,29	-0,02	-0,06	0,10	-0,01	0,58	0,14	-0,12	-0,06																									
Ni	0,07	-0,07	0,21	-0,22	0,24	0,04	0,62	0,25	0,05	0,01	0,71																								
Pb	-0,33	0,33	0,10	-0,01	-0,06	0,38	0,62	0,20	0,01	-0,17	-0,01	0,14																							
Sc	0,25	-0,25	0,71	0,22	0,53	0,35	0,42	0,54	0,13	0,20	0,08	0,26	0,38																						
Ti	0,27	-0,27	0,95	0,18	0,92	-0,18	0,06	0,94	0,73	0,82	0,08	0,23	0,14	0,59																					
Zn	-0,35	0,35	-0,46	-0,08	-0,57	0,68	0,37	-0,49	-0,65	-0,48	-0,18	-0,08	0,36	-0,02	-0,57																				
Ag	0,43	-0,43	0,22	0,16	0,17	-0,22	-0,58	0,01	0,35	0,29	-0,52	-0,13	-0,41	-0,11	0,12	-0,09																			
Aa	0,18	-0,18	-0,03	-0,19	-0,01	-0,09	-0,51	-0,29	-0,08	-0,04	-0,27	-0,06	-0,44	-0,17	-0,17	0,11	0,67																		
Cj	0,34	-0,34	0,05	0,14	0,07	-0,24	-0,55	-0,04	0,22	0,26	-0,55	-0,23	-0,44	-0,22	-0,01	-0,01	0,69	0,39																	
Csp	0,22	-0,22	0,49	-0,07	0,42	-0,25	-0,12	0,37	0,41	0,34	-0,37	-0,12	0,08	0,24	0,45	-0,30	0,20	-0,08	0,13																
Cs	0,20	-0,20	-0,04	-0,03	-0,01	-0,27	-0,23	-0,22	0,02	0,03	-0,21	-0,06	-0,26	-0,14	-0,11	0,00	0,45	0,42	0,19	0,12															
Cp	0,07	-0,07	0,01	0,08	-0,08	0,36	0,15	-0,08	-0,14	0,00	-0,07	-0,10	-0,06	0,18	-0,07	0,24	0,09	-0,14	0,24	0,23	-0,06														
Dg	0,44	-0,44	0,10	0,02	-0,02	-0,33	-0,48	-0,09	0,41	0,10	-0,55	-0,21	-0,20	-0,15	0,07	-0,16	0,50	0,24	0,54	0,35	0,47	0,16													
Eb	0,44	-0,44	0,09	0,06	0,12	-0,18	-0,50	-0,12	0,07	0,17	-0,54	-0,10	-0,42	-0,11	-0,06	-0,02	0,81	0,56	0,71	0,27	0,58	0,17	0,52												
Ef	0,40	-0,40	0,18	-0,05	0,12	-0,14	-0,61	-0,09	0,28	0,21	-0,66	-0,30	-0,27	-0,02	0,08	-0,04	0,73	0,66	0,68	0,15	0,45	-0,01	0,62	0,73											
Hc	0,27	-0,27	0,12	-0,31	0,13	0,26	0,05	-0,02	0,01	0,11	0,21	0,02	-0,25	0,18	0,12	-0,07	-0,06	0,12	-0,28	-0,08	0,13	0,24	0,00	-0,21	-0,06										
Ld	0,07	-0,07	-0,32	-0,02	-0,22	0,33	-0,17	-0,45	-0,34	-0,11	-0,27	-0,31	-0,32	-0,08	-0,40	0,38	0,26	0,28	0,37	-0,20	0,33	0,37	0,00	0,46	0,38	0,19									
Ll	0,62	-0,62	0,08	-0,02	0,09	-0,37	-0,59	-0,11	0,31	0,19	-0,40	-0,14	-0,54	-0,22	0,02	-0,30	0,77	0,54	0,49	0,11	0,68	-0,03	0,60	0,72	0,62	0,14	0,30								
Pl	-0,21	0,21	-0,13	0,22	-0,15	0,24	0,09	-0,23	-0,14	-0,16	-0,07	-0,28	0,12	0,20	-0,14	0,23	-0,02	-0,15	0,11	0,02	0,12	0,67	-0,04	0,02	0,01	0,13	0,43	-0,08							
Pa	-0,01	0,01	-0,34	0,16	-0,33	0,07	-0,36	-0,45	-0,26	-0,16	-0,16	-0,27	-0,54	-0,31	-0,44	0,27	0,31	0,48	0,29	-0,23	0,39	0,16	0,22	0,37	0,35	0,12	0,60	0,36	-0,04						
Pk	0,40	-0,40	0,02	0,09	-0,05	-0,27	-0,46	-0,22	0,23	0,03	-0,43	-0,06	-0,39	-0,16	-0,10	0,01	0,79	0,64	0,61	0,19	0,71	0,17	0,69	0,80	0,71	0,06	0,35	0,78	0,02	0,53					
Pm	0,30	-0,30	-0,05	-0,06	-0,02	-0,17	-0,28	-0,19	-0,20	-0,08	-0,33	-0,05	-0,27	-0,06	-0,19	0,12	0,58	0,58	0,41	0,09	0,39	-0,05	-0,03	0,63	0,35	-0,11	0,30	0,45	0,08	0,08	0,50				
Rb	0,32	-0,32	0,13	0,01	0,12	-0,02	-0,18	-0,12	0,12	0,08	-0,22	0,15	-0,27	0,08	0,01	0,11	0,69	0,53	0,33	0,24	0,62	0,16	0,31	0,70	0,48	0,26	0,41	0,56	0,09	0,33	0,77	0,61			
Sb	0,47	-0,47	0,15	0,01	0,12	-0,26	-0,54	-0,10	0,33	0,15	-0,52	-0,02	-0,36	-0,08	0,06	-0,08	0,86	0,65	0,70	0,21	0,47	0,00	0,66	0,85	0,85	-0,07	0,27	0,70	-0,10	0,26	0,83	0,50	0,71		
Tpy	-0,11	0,11	-0,05	0,19	-0,02	-0,08	-0,42	-0,24	0,00	0,01	-0,30	-0,20	-0,32	-0,23	-0,16	0,11	0,62	0,54	0,31	0,21	0,53	0,18	0,33	0,54	0,30	-0,11	0,16	0,52	0,20	0,34	0,53	0,38	0,41	0,41	

Apêndice N - Classificação das espécies de foraminíferos de acordo com o microhabitat. Onde - = sem dado.

Espécie	Microhabitat
<i>Adercotryma glomeratum</i> (Brady, 1878)	Epifauna (SZAREK et al., 2007)
<i>Adercotryma wrighti</i> Brönnimann & Whittaker, 1987	Epifauna-gênero (KAMINSKI e SCHRODER, 1987),
<i>Agglutinella arenata</i> (Said, 1949)	Epifauna-gênero (<i>Quinqueloculina arenata</i> , MURRAY, 1991)
<i>Alliatinella differens</i> (McCulloch, 1977)	Epifauna (MURRAY, 1991)
<i>Alterammina alternans</i> (Earland, 1934)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Ammobaculites agglutinans</i> (d'Orbigny, 1846)	Infaua (DUROS et al., 2011)
<i>Ammobaculites exilis</i> Cushman & Brönnimann, 1948	Infaua rasa (FONTAINER et al., 2005)
<i>Ammodiscus anguillae</i> Höglund, 1947	Epifauna-gênero (KAMINSKI et al., 1988)
<i>Ammodiscus incertus</i> (d'Orbigny, 1839)	Epifauna-gênero (KAMINSKI et al., 1988)
<i>Astrononion antarcticus</i> Parr, 1950	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Astrononion gallowayi</i> Loeblich & Tappan, 1953	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Atlantiella atlantica</i> (Parker, 1952)	Epifauna-gênero (<i>Trochammina atlantica</i> , MURRAY, 1991)
<i>Bathysiphon filiformis</i> M. Sars, 1872	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Bathysiphon minutum</i> Hofker, 1932	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Bathysiphon</i> sp.	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Bolivinellina pacifica</i> Saidova, 1975	Infaua-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Bolivinellina pseudopunctata</i> (Höglund, 1947)	Infaua-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Bolivinopsi</i> sp.	Infaua-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny, 1826	Infaua-gênero (MURRAY, 1991), Infaua-gênero (FONTAINER et al., 2002; CORLISS, 1991)
<i>Bulimina gibba</i> Fornasini, 1902	Infaua-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Buzasina galeata</i> (Brady, 1881)	Infaua intermediária-gênero (KAMINSKI et al., 1995)
<i>Cassidulina teretis</i> Tappan, 1951	Infaua-gênero (MURRAY, 1991)

Continuação

Continua

Espécie	Microhabitat
<i>Cassidulinoides parkeriana</i> (Brady, 1881)	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988)
<i>Cibicides</i> sp.	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Cibicidoides subhaidingerii</i> (Parr, 1950)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Cribr stomoides jeffreysii</i> (Williamson, 1858)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Cribr stomoides</i> sp.	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Cribr stomoides subglobosa</i> (Cushman, 1910)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Cymbaloporeta</i> sp.	-
<i>Cystamina argentea</i> Earland, 1934	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Cystamina pauciloculata</i> (Brady, 1879)	Infauna (FONTAINER et al., 2002)
<i>Dendronina arborescens</i> Heron-Allen & Earland, 1922	Epifauna (GOODAY, 1994)
<i>Deuteramina glabra</i> (Heron-Allen & Earland, 1932)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Deuteramina grahami</i> Brönniman & Whittaker, 1988	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Deuteramina grisea</i> (Earland, 1934)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Earlandamina bullata</i> (Hoglund, 1847)	Epifauna-gênero (<i>Trochamina bullata</i> , MURRAY, 1991)
<i>Eggerella bradyi</i> (Cushman, 1911)	Epifauna (MOJTAHID et al., 2010)
<i>Eggerella nitens</i> (Wiesner, 1931)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Epistominella exigua</i> (Brady, 1884)	Epifauna (ALTENBACH et al., 1999; GOODAY, 1994; MURRAY, 2006)
<i>Eratidus foliaceus</i> (Brady, 1881)	Epifauna (KAMINKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Evolutinella rotulata</i> (Brady, 1881)	Infauna (<i>Haplophragmoides rotulata</i> , CORLISS, 1985; CORLISS e CHEN, 1988)
<i>Fissurina fimbriata</i> (Brady, 1881)	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; FONTAINER et al., 2002)
<i>Fissurina laevigata</i> Reuss, 1850	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; FONTAINER et al., 2002)
<i>Fissurina marginata</i> (Montagu, 1803)	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; FONTAINER et al., 2002)

Continua

Continuação

Espécie	Microhabitat
<i>Fissurina semimarginata</i> (Reuss, 1870)	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; FONTAINER et al., 2002)
<i>Fursenkoina riggii</i> (Boltovskoy, 1954)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Globocassidulina biora</i> (Crespin, 1960)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Globocassidulina crassa</i> subsp. <i>rossensis</i> Kennett, 1967	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady, 1881)	Epifauna (GOODAY, 1994)
<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny, 1839)	Planctônica (KENNETT, 1969)
<i>Glomospira gordialis</i> (Jones & Parker, 1860)	Infauna (MOJTAHID et al., 2010)
<i>Glomospira irregularis</i> (Grzybowski, 1896)	Infauna-gênero (FONTAINER et al., 2002)
<i>Haplophragmoides canariensis</i> (d'Orbigny, 1839)	Infauna (CORLISS, 1985; CORLISS e CHEN, 1988)
<i>Haynesina paucilocula</i> (Cushman, 1944)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Heterolepa bradyi</i> (Trauth, 1918)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Hormosina globulifera</i> Brady, 1879	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Hormosina normani</i> Brady, 1881	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Hormosina pilulifera</i> (Brady, 1884)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Hormosina</i> sp.	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Hormosinella distans</i> (Brady, 1881)	Epifauna (SZAREK et al., 2007)
<i>Hormosinella guttifera</i> (Brady, 1881)	Infauna profunda-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Hyperammia cylindrica</i> Parr, 1950	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Hyperammia fragilis</i> Höglund, 1947	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Hyperammia laevigata</i> Wright, 1891	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Hyperammia</i> sp.	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)

Continua

Continuação

Espécie	Microhabitat
<i>Ioanella tumidula</i> (Brady, 1884)	Epifauna (<i>Eponides tumidulus</i> , CORLISS e CHEN, 1988)
<i>Jaculella obtusa</i> Brady, 1882	Infauna (ANDERSON, 1975)
<i>Karreriella bradyi</i> (Cushman, 1911)	Epifauna (FONTAINER et al., 2002)
<i>Karrerulina apicularis</i> (Cushman, 1911)	Infauna profunda-gênero (SETOYAMA et al.; 2011)
<i>Labrospira crassimargo</i> (Norman, 1892)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Lagena nebulosa</i> (Cushman, 1923)	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988)
<i>Lagenammia diffflugiformis</i> (Brady, 1879)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Lagenammia laguncula</i> Rhumbler, 1911	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Lagenammia pacifica</i> Hofker, 1978	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Lagenammia</i> sp.	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Lagenosolenia incomposita</i> Patterson & Pettis, 1986	Infauna-gênero (<i>Fissurina incomposita</i> , CORLISS e CHEN, 1988; FONTAINER et al., 2002)
<i>Lobatula lobatula</i> (Walker & Jacob, 1798)	Epifauna-gênero (<i>Cibicides lobatulus</i> , MURRAY, 1991)
<i>Loeblichopsis sabulosa</i> (Brady, 1881)	Infauna-gênero (<i>Reophax sabulosa</i> , MURRAY, 1991)
<i>Marsipella elongata</i> Norman, 1878	Epifauna-gênero (NAGY et al., 1997)
<i>Martinottiella nodulosa</i> Cushman, 1933	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Melonis barleeanus</i> (Williamson, 1858)	Infauna intermediária (GOODAY, 1994)
<i>Melonis</i> sp.	Infauna intermediária (GOODAY, 1994)
<i>Miliammia arenacea</i> (Chapman, 1916)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Neogloboquadrina pachyderma</i> (Ehrenberg, 1861)	Planctônica (KOHFELD et al., 1996)
<i>Nodellum membranaceum</i> (Brady, 1879)	Infauna (GOODAY, 1994)
<i>Nodulina dentaliniformis</i> (Brady, 1881)	Infauna-gênero (<i>Hormosina dentaliniformis</i> , MURRAY, 1991)

Continua

Continuação

Espécie	Microhabitat
<i>Nodulina</i> sp.	Infauna-gênero (<i>Hormosina</i> sp., MURRAY, 1991)
<i>Nonion</i> sp.	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; MURRAY, 1991)
<i>Nouria atlantica</i> (Cushman, 1947)	Infauna-gênero (NAGY et al., 1997)
<i>Oolina globosa</i> (Montagu, 1803)	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; MURRAY, 1991)
<i>Oolina ovoidea</i> Yassini & Jones, 1995	Infauna-gênero (CORLISS e CHEN, 1988; MURRAY, 1991)
<i>Lepidoparatrochammina lepida</i> Brönnimann & Whittaker, 1986	Epifauna-gênero (KAMINSKI, 1995)
<i>Paratrochammina challenger</i> Brönnimann & Whittaker, 1988	Epifauna-gênero (KAMINSKI, 1995)
<i>Paratrochammina charlottensis</i> (Cushman, 1925)	Epifauna-gênero (KAMINSKI, 1995)
<i>Planorbulina variabilis</i> (d'Orbigny, 1826)	Epifauna-gênero (<i>Cibicides</i> sp., CORLISS, 1985; MURRAY, 1991)
<i>Portatrochammina antarctica subsp. antarctica</i>	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Portatrochammina eltaninae</i> Echols, 1971	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Portatrochammina karica</i> (Shchedrina, 1946)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Portatrochammina murrayi</i> Brönnimann & Zaninetti, 1984	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Portatrochammina</i> sp.	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Psammosiphonella cylindrica</i> Avnimelech, 1952	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Psammosphaera fusca</i> Schulze, 1875	Epifauna (GOODAY et al., 1996; SZAREK et al., 2007; KOHO et al., 2008)
<i>Pseudobolivina antarctica</i> Wiesner, 1931	Infauna-gênero (<i>Bolivina punctata</i> var. <i>arenacea</i> , MURRAY, 1991)
<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny, 1846)	Infauna (MURRAY, 1991)
<i>Pullenia quadriloba</i> Reuss, 1867	Infauna-gênero (KAMINSKI e SCHRODER, 1987; MURRAY, 1991)
<i>Pullenia salisburyi</i> Stewart & Stewart, 1930	Infauna-gênero (KAMINSKI e SCHRODER, 1987; MURRAY, 1991)
<i>Recurvoidella bradyi</i> (Robertson, 1891)	Epifauna superficial-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)

Continua

Continuação

Espécie	Microhabitat
<i>Recurvoides contorta</i> Earland, 1934	Infauna-gênero (FONTAINER et al., 2005)
<i>Reophax agglutinator</i> Cushman, 1913	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax apiculatus</i> Zheng, 1988	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax eximius</i> Zheng, 1988	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax irregularis</i> Parker, 1954	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax minimus</i> Zheng, 1988	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax nodulosus</i> Brady, 1879	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax pilulifera</i> Brady, 1884	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax scorpiurus</i> Montfort, 1808	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax</i> sp.	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Reophax subfusiformis</i> Earland, 1933	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Rhabdammina cylindrica</i> Glaessner, 1937	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Rhabdammina linearis</i> Brady, 1879	Epifauna (GOODAY, 1994)
<i>Rhabdammina</i> sp.	Epifauna-gênero (KAMINSKI e GRADSTEIN, 2005)
<i>Saccammina aspera</i> ? Sars, 1869	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Saccammina globosa</i> Sars, 1869	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Saccammina</i> sp.	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Saccammina tubulata</i> Rhumbler, 1931	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Saccorhiza ramosa</i> (Brady, 1879)	Epifauna (GOODAY, 1994; HESS e KUHN, 1996)
<i>Saccorhiza</i> sp.	Epifauna (GOODAY, 1994; HESS e KUHN, 1996)
<i>Spiroplectammina biformis</i> (Parker & Jones, 1865)	Epifauna-gênero (<i>Textularia agglutinans</i> var. <i>biformis</i> , CORLISS, 1985)
<i>Spirosigmoilina tenuis</i> (Czjzek, 1848)	Epifauna-miliolídeos (<i>Quinqueloculina tenuis</i> , CORLISS, 1991)

Continua

Continuação

Espécie	Microhabitat
<i>Technitella</i> sp.	Epifauna-gênero (CASTIGNETTI et al., 2000)
<i>Textularia earlandi</i> Parker, 1952	Epifauna-gênero (CORLISS, 1985; CORLISS e CHEN, 1988; MURRAY, 1991)
<i>Textularia</i> sp.	Epifauna-gênero (CORLISS, 1985; CORLISS e CHEN, 1988; MURRAY, 1991)
<i>Textularia wiesneri</i> Parr, 1950	Epifauna-gênero (CORLISS, 1985; CORLISS e CHEN, 1988; MURRAY, 1991)
<i>Tholosina sedentata</i> Rhumbler, 1895	Epifauna-gênero (SCHMIEDL et al., 2000; WOLLENBURG e MACKENZEN, 2009)
<i>Thurammina antarctica</i> Saidova, 1975	Infauna-gênero (NAGY et al., 1997)
<i>Trifarina angulosa</i> (Williamson, 1858)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trifarina spinipes</i> (Brady, 1881)	Infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu, 1803)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Tritaxis absidata</i> Brönnimann & Whittaker, 1988	Epifauna-gênero (KOHO et al., 2008)
<i>Tritaxis antarctica</i> Brönnimann & Whittaker, 1988	Epifauna-gênero (KOHO et al., 2008)
<i>Tritaxis britannica</i> Brönniman & Whittaker	Epifauna-gênero (KOHO et al., 2008)
<i>Tritaxis primitiva</i> Brönniman & Whittaker, 1988	Epifauna-gênero (KOHO et al., 2008)
<i>Tritaxis</i> sp.	Epifauna-gênero (KOHO et al., 2008)
<i>Trochammina abyssorum</i> Saidova, 1970	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochammina conica</i> Earland, 1934	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochammina hadai</i> Uchio, 1962	Epifauna (GOODAY, 1994)
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochammina pygmaea</i> (Hoeglund, 1947)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochammina quadricamerata</i> Echols, 1971	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochammina</i> sp.	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)

Continua

Continuação

Espécie	Microhabitat
<i>Trochammina squamata</i> Jones & Parker, 1860	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochamminoides grzybowskii</i> Kaminski & Geroch, 1992	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Trochamminoides olszewskii</i> (Grzybowski, 1898)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Usbekistania charoides</i> (Jones & Parker, 1860)	Epifauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Uvigerina semiornata</i> d'Orbigny, 1846	Epifauna/infauna-gênero (MURRAY, 1991)
<i>Veleroninoides scitula</i> (Brady, 1881)	Epifauna (<i>Veleroninoides scitulus</i> , KOHO et al., 2008)
<i>Veleroninoides wiesneri</i> (Parr, 1950)	Infauna (<i>Cribrostomoides wiesneri</i> , GOODAY, 1994)
<i>Verneuilina minuta</i> Wiesner, 1931	Infauna profunda-gênero (KAMINSKI, 1995)
<i>Verneulinulla advena</i> (Cushman, 1922)	Infauna profunda-gênero (KAMINSKI, 1995)
<i>Virgulina riggii</i> Boltovskoy, 1954	Infauna-gênero (<i>Fursenkoina riggii</i> , MURRAY, 1991)