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

LEONARDO ANTONIO PREGNOLATO

**Influência de efluentes petroquímicos nos sedimentos e carapaças de foraminíferos no
Polo Atalaia, SE (Brasil)**

São Paulo
2018

LEONARDO ANTONIO PREGNOLATO

**Influência de efluentes petroquímicos nos sedimentos e carapaças de foraminíferos no
Polo Atalaia, SE (Brasil)**

Versão corrigida

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

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 19 de dezembro de 2017. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e 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 Ambiental

Orientador:

Prof.^a Dr.^a. Wânia Duleba

São Paulo

2018

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)

Pregnotato, Leonardo Antonio

Influência de efluentes petroquímicos nos sedimentos e carapaças de foraminíferos no Polo Atalaia, SE (Brasil) / Leonardo Antonio Pregnotato ; orientadora Wânia Duleba. – 2018
164 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo em 2017
Versão corrigida

1. Poluição da água - Sergipe. 2. Polo Atalaia (SE). 3. Efluentes - Sergipe. 4. Emissários submarinos - Sergipe. 5. Foraminífera - Sergipe. 6. Monitoramento ambiental - Sergipe. 7. Indústria petroquímica - Sergipe. I. Duleba, Wânia, orient.
II. Título

CDD 22.ed. – 363.7394098141

Nome: PREGNOLATO, Leonardo Antonio

Título: Influência de efluentes petroquímicos nos sedimentos e carapaças de foraminíferos no Polo Atalaia, SE (Brasil)

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade.

Área de Concentração:

Ciência e Tecnologia Ambiental

Aprovado em: 19/12/2017

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sílvio Miranda Prada

Centro Universitário Fundação Instituto de Ensino para Osasco

Profª Drª Rosalinda Carmela Montone

Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico

Profª Drª Sílvia Helena de Mello e Sousa

Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico

Aos meus pais, Luiz e Sueli (in memoriam)

Agradecimentos

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a. Wânia Duleba, pela valiosa orientação, por toda confiança depositada em mim, pela paciência, e pelo apoio não só acadêmico, mas também pessoal. Agradeço pela sua alegria, pela sua intensa preocupação com as etapas do trabalho e pela sua impressionante capacidade de ser divertida e descontraída ao mesmo tempo em que mantém a seriedade e o rigor no trabalho. Sua dedicação à pesquisa e o cuidado com que orienta os seus alunos me inspiram.

À Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas (FUNDESPA) pelo apoio financeiro durante os dois primeiros meses de mestrado (Projeto 13058).

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

À Petróleo Brasileiro S. A. (Petrobras) por gentilmente ter cedido as amostras para o estudo, os dados necessários e pelo acervo bibliográfico e mapas não publicados.

À Maria Eulália Rocha Carneiro por ter acompanhado toda a realização da pesquisa e pelas preciosas contribuições feitas.

Ao Sergio Bonecker e Márcia Salustiano de Castro, da Thalassa Ambiental, por terem fornecido informações técnicas necessárias para o desenvolvimento desse projeto.

Aos colegas discentes do programa de Pós-Graduação, principalmente a Camila Cunha Passos, minha irmã científica, que me ajudou tanto durante o mestrado não só em questões referentes à pesquisa. Muito obrigado pelos momentos de descontração, pelos cafés, e principalmente, pela amizade.

À Rayssa de Almeida Viana, pelo auxílio nas análises morfométricas e pela imensa dedicação ao trabalho.

À Juliana Braga Silva pela ajuda nas análises canônicas, pelas diversas sugestões e pela paciência.

Ao Rodrigo Ferreira de Lucena, técnico do Laboratório de Ciências da Terra – LACITE/EACH-USP, pelo apoio no laboratório, pelas longas conversas e pela amizade.

À Sandra Garcia Bittencourt por toda ajuda e apoio realizado com carinho e boa vontade.

A todos os amigos, alunos e professores da EACH-USP, que fizeram parte da minha formação, tornando-a mais alegre. Não me esquecerei de vocês por toda a minha vida.

Agradeço minha família. Muito obrigado pela paciência, compreensão em meus períodos de ausência, mas principalmente obrigado pelo apoio, pelas palavras de motivação e por sempre estarem ao meu lado e por me ajudarem em tudo o que eu precisei.

Ao meu pai, Luiz Antonio Pregnolato, que esteve sempre presente em minha vida. Você é meu exemplo de ser humano, de fé e de determinação para encarar os desafios vida.

E por último gostaria de agradecer a minha mãe, Sueli Cavalcante Lionel Pregnolato, que mesmo não estando mais entre nós sempre será meu eterno exemplo de amor e dedicação à vida. Só tenho a agradecer pela benção de ter sido seu filho.

*“Aqui, no entanto, nós não olhamos para trás por muito tempo.
Nós continuamos seguindo em frente, abrindo novas portas e fazendo coisas novas,
porque somos curiosos... e a curiosidade continua nos conduzindo por novos caminhos.*

Siga em frente. ”

Walt Disney

(ANDERSON, 2007)

RESUMO

PREGNOLATO, Leonardo Antonio. **Influência de efluentes petroquímicos nos sedimentos e carapaças de foraminíferos no Polo Atalaia, SE (Brasil)**. 2018. 164 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Versão corrigida.

Os objetivos do presente trabalho foram 1) avaliar a qualidade ambiental dos sedimentos ao redor do emissário submarino de efluentes petroquímicos tratados do Polo Atalaia, Sergipe e 2) fornecer elementos técnicos e científicos para aprimorar os estudos de biomonitoramento realizados na referida região. Para atingir estes objetivos foram realizadas análises granulométricas, geoquímicas (nutrientes, metais, metaloides, hidrocarbonetos) e da meiofauna (biocenoses e tanatocenoses de foraminíferos) de réplicas de 19 amostras de sedimentos, coletadas ao redor do emissário (área experimental) e em uma área controle, situada a 5 km ao norte do emissário. Essas 57 amostras e seus respectivos dados abióticos foram cedidos pela Petrobras. A maior parte da área estudada é constituída por sedimentos lamoarenosos. Contudo, na área experimental há predominância dos termos lamosos, ricos em carbono orgânico e fósforo total. Na área controle, as porcentagens de areia muito fina são maiores e ocorrem elevados valores de nitrogênio total. As concentrações de Pb, Cr, Ni, Zn das duas áreas estudadas encontram-se abaixo do nível 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines), ou seja, os sedimentos não estão contaminados por esses elementos metálicos. Contudo, os valores de As estão entre os limites 1 e 2 do CONAMA e ISQG e PEL (probable effect level) em todas as estações, indicando que a biota pode ser afetada por esse elemento. Uma amostra (área experimental) apresenta valores de Cd, Cr e Hg entre os limites de ISQG e PEL e uma outra amostra (área controle) apresenta concentrações de Cr acima do nível 2 e PEL. Concentrações de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP) e de mistura complexa não-resolvida (MCNR) são maiores na área experimental e em duas amostras da área controle. A composição da tanatocenose é muito diferente da biocenose, reforçando ao fato de que se deve utilizar principalmente organismos vivos em estudos de análise de impacto ambiental. O sedimento utilizado para a análise dos foraminíferos oscilou entre 20 e 110 cm³ para encontrar cerca de 100 indivíduos vivos. Percentual de silte e os valores da razão C/N, de B, Ba, Pb, Cu, Cd e Mn são os descritores ambientais significativos na distribuição da biocenose. A partir dos resultados obtidos conclui-se 1) a área controle utilizada pela Petrobras não é muito adequada, pois há indícios de impacto antropogênico, 2) a tanatocenose é substancialmente diferente da biocenose, portanto deve-se utilizar preferencialmente dados baseados em organismos vivos, 3) o valor de 20 cm³ de sedimento, estipulado pelo IBAMA, para a análise dos foraminíferos, é muito pequeno para se detectar indivíduos vivos em regiões impactadas. Portanto, para futuros estudos de biomonitoramento na região sugere-se escolha de ponto controle sem vestígio de impacto antropogênico, de preferência longe do rio Sergipe e que o volume de sedimentos para o estudo de foraminíferos vivos seja aumentado para no mínimo 50 cm³.

Palavras-chave: Poluição da água. Emissário petroquímico. Foraminíferos bentônicos. Elementos-traço. *Ammonia tepida*.

ABSTRACT

PREGNOLATO, Leonardo Antonio. **Influence of petrochemical effluents on the sediments and foraminifera tests in the Polo Atalaia, SE (Brazil)**. 2018. 164 p. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2017. Corrected version.

The objectives of this study were 1) to evaluate the environmental quality of sediments around the marine outfall of treated petrochemical effluents from Polo do Atalaia, Sergipe and 2) to provide technical and scientific information in order to improve biomonitoring studies carried out in that region. For these purposes the following analysis were performed: grain size, geochemical (nutrients, metals, metalloids, hydrocarbons), and meiofauna (foraminifera biocoenoses and thanatocoenoses) on replicates of 19 sediment samples collected from around the outfall (experimental area) and from a control area located 5 km north of the outfall. These 57 samples and their respective abiotic data were provided by Petrobras. Most of the studied area is composed of sandy silt sediments. However, in the experimental area there is a predominance of mud, rich in organic carbon and total phosphorus. In the control area, the percentages of very fine sand are higher and high values of total nitrogen occur. The concentrations of Pb, Cr, Ni, Zn on the two studied areas are below level 1 of the Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (National Council for the Environment) and ISQG (Interim Sediment Quality Guidelines), meaning that the sediments are not contaminated by these metallic elements. However, the values of As are between limits 1 and 2 of CONAMA and TEL and PEL (probable effect level) in all stations, indicating that the biota might be affected by this element. One of the samples (from the experimental area) presents values of Cd, Cr and Hg between the limits of ISQG and PEL and another sample (control area) has concentrations of Cr above level 2 and PEL. Concentrations of total petroleum hydrocarbons (TPH), resolved petroleum hydrocarbons (RPH) and unresolved complex mixtures (UCMs) are higher in the experimental area and in two samples from the control area. Thanatocoenoses composition is very different from biocoenoses composition, reinforcing the fact that mainly living organisms should be used in environmental impact analysis studies. The sediment used for the analysis of foraminifera oscillated between 20 and 110 cm³ to find around 100 living individuals. Percentage of silt and C/N ratio, B, Ba, Pb, Cu, Cd and Mn values are significant environmental descriptors in the distribution of biocoenoses. From the results obtained it is concluded: 1) The control area used by Petrobrás is not very adequate since there are evidences of anthropogenic impact, 2) Thanatocoenoses is substantially different from biocoenoses, and consequently, data based on living organisms should preferably be used, 3) the 20 cm³ sediment amount, stipulated by IBAMA for the analysis of foraminifera, is too small to detect live individuals in impacted regions. Therefore, it is suggested that a control point without trace of anthropogenic impact should be chosen for future biomonitoring studies in the region, preferably away from the Sergipe river. It is also suggested that the sediment volume for the study of live foraminifera be increased to a minimum of 50 cm³.

Keywords: Water pollution. Petrochemical outfall. Benthic foraminifera. Trace elements. *Ammonia tepida*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo.....	26
Figura 2 – Geologia do estado do Sergipe.....	27
Figura 3 – Fácies sedimentares da plataforma continental de Sergipe e a posição das estações.....	30
Figura 4 – Precipitação média e temperatura média do estado do Sergipe para o ano de 2013	32
Figura 5 – Os recursos minerais no estado do Sergipe.....	34
Figura 6 – Produção de petróleo e gás em Sergipe.....	35
Figura 7 – Mapa de localização e identificação dos emissários na plataforma continental de Sergipe e das plataformas de operação da Petrobras	37
Figura 8 – Mapa da Bacia Sergipe-Alagoas, com indicação do emissário, da faciologia da região, das estações de monitoramento (pontos azuis) e de controle (pontos vermelhos) e da modelagem da pluma do efluente	39
Figura 9 – Embarcação MARIMAR XII utilizada nas coletas.....	40
Figura 10 – Amostrador de sedimento do tipo box corer	43
Figura 11 – Coleta de sedimento para análise de foraminíferos (a) e fixação (b) (álcool e rosa de Bengala)	43
Figura 12 – Drenagem das amostras (a), termômetro (b) e régua (c) para medir a profundidade do sedimento coletado.....	44
Figura 13 – Densidade de indivíduos da tanatocenose para as estações da campanha de fevereiro de 2014.....	62
Figura 14 – Riqueza (S) de espécies da tanatocenose para as estações da campanha de fevereiro de 2014.....	63
Figura 15 – Tendências da Abundância Relativa, em percentual, das espécies com maior frequência de ocorrência da tanatocenose na campanha de fevereiro de 2014	64
Figura 16 – Valores da Dominância de Simpson para a tanatocenose da campanha de fevereiro de 2014.....	68
Figura 17 – Valores da diversidade de Shannon da tanatocenose da campanha de fevereiro de 2014.....	69

Figura 18 – Volume de material analisado para a coleta da biocenose de foraminíferos para a campanha de fevereiro de 2014	70
Figura 19 – Densidade de indivíduos da biocenose das amostras do grupo experimental (A e B) e controle (C) da campanha de fevereiro de 2014.....	73
Figura 20 – Riqueza (S) para as amostras da biocenose da campanha de fevereiro de 2014.....	74
Figura 21 – Tendências da Abundância Relativa, em percentual, das espécies com maior frequência de ocorrência da biocenose na campanha de fevereiro de 2014	75
Figura 22 – Índice de Shannon para a biocenose da campanha de fevereiro de 2014	77
Figura 23 – Dominância de Simpson para a biocenose da campanha de fevereiro de 2014	78
Figura 24 – Dendrograma obtido pelo método de Ward, com base no índice distância euclidiana, para dados de abundância das espécies da tanatocenose do Polo Atalaia coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014	79
Figura 25 – Análise de agrupamento da composição da tanatocenose em todas as amostras (estações e réplicas) coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014	81
Figura 26 – Dendrograma obtido pelo método de Ward, com base no índice distância euclidiana, para dados de abundância da biocenose das espécies do Polo Atalaia coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014	83
Figura 27 – Análise de agrupamento da composição específica dos foraminíferos da biocenose em todas as amostras (estações e réplicas) coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014.....	85
Figura 28 – Diagrama de ordenação das espécies produzida pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies de foraminíferos da tanatocenose de fevereiro de 2014.....	86
Figura 29 – Diagrama de ordenação das estações produzida pela análise de correspondência canônica baseada nas estações estudadas para os dados de tanatocenose de fevereiro de 2014	88
Figura 30 – Diagrama de ordenação das espécies produzida pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies de foraminíferos da biocenose de fevereiro de 2014	90

Figura 31 – Diagrama de ordenação das estações produzida pela análise de correspondência canônica baseada nas estações estudadas para os dados de biocenose de fevereiro de 2014.....	92
Figura 32 – Morfometria das carapaças da tanatocenose das estações do grupo experimental e controle, coletadas em fevereiro de 2014	93
Figura 33 – Morfometria das carapaças da biocenose das estações do grupo experimental e controle, coletadas em fevereiro de 2014	94
Figura 34 – Índice <i>Ammonia-Elphidium</i> para as estações da campanha de fevereiro de 2014	95
Figura 35 – Regressão linear entre o índice <i>Ammonia-Elphidium</i> e a porcentagem de carbono orgânico total, HRP, HTP e MCNR para as estações da campanha de fevereiro de 2014	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas das estações amostradas na campanha de fevereiro de 2014.....	41
Tabela 2 – Coordenadas das estações reposicionadas na campanha de fevereiro de 2014	42
Tabela 3 – Limite de detecção e limite de quantificação dos parâmetros analisados nas amostras de sedimento na campanha de fevereiro de 2014, em mg kg ⁻¹	46
Tabela 4 – Valores guia de causa-efeito das Diretrizes de Qualidade de Sedimento (DQS) dos EUA (<i>Effect Range Low</i> - ERL; <i>Effect Range Low</i> - ERM), do Brasil (Nível 1 e 2 - CONAMA), e do Canadá (<i>Interim Sediment Quality Guidelines</i> - ISQG; <i>Probable Effect Level</i> - PEL), em mg kg ⁻¹ de sedimento seco.....	47
Tabela 5 – Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), das médias das triplicatas	52
Tabela 6 – Média das concentrações de Carbono Total, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total, Fósforo, razão Carbono Orgânico/Nitrogênio total (C/N) e desvio padrão (S)	54
Tabela 7 – Concentrações de hidrocarbonetos em mg kg ⁻¹ para as réplicas das amostras das estações do grupo experimental e controle de fevereiro de 2014.....	55
Tabela 8 – Média e desvio padrão das concentrações de elementos metálicos e metaloides em mg kg ⁻¹ das estações experimental e controle de fevereiro de 2014 e valores de qualidade para sedimentos de acordo com CONAMA (344) e CCME (2002)	57
Tabela 9 – Valores do volume de sedimento (cm ³), abundância (nº de espécies), densidade (indivíduos 20 cm ⁻³), riqueza (S) e teste estatístico de Kruskal-Wallis (H) das tanatocenoses. Valores de H e p das réplicas dos conjuntos amostrais A, B, C, D e CO	59
Tabela 10 – Frequência de ocorrência (FO) dos táxons das tanatocenoses das amostras das estações do grupo experimental e controle de 2014	64
Tabela 11 – Valores do volume de sedimento (cm ³), abundância (nº de espécies), densidade (indivíduos 20cm ⁻³), riqueza (S) e teste estatístico de	

Kruskal-Wallis (H) das biocenoses. Valores de H e p das réplicas dos conjuntos amostrais A, B, C, D e CO	70
Tabela 12 – Frequência de ocorrência (FO) dos táxons das biocenoses das amostras das estações do grupo experimental e controle de 2014.....	76
Tabela 13 – Abreviações e nomes correspondentes das espécies e das variáveis ambientais usadas na análise de correspondência canônica com os dados da campanha de fevereiro de 2014	87
Tabela 14 – Abreviações e nomes correspondentes das espécies e das variáveis ambientais usadas na análise de correspondência canônica com os dados da campanha de fevereiro de 2014	91
Tabela 15 – Dados dos táxons de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014 para as estações do grupo experital e controle.....	146

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Os padrões ambientais para o controle da poluição	18
1.2	Esgoto industrial e os efluentes petroquímicos	20
1.3	Foraminíferos como <i>proxies</i> e a espécie <i>Ammonia tepida</i>	21
1.4	O estudo de foraminíferos como contribuição para o aprimoramento de <i>proxies</i> aplicados ao monitoramento ambiental	23
2	OBJETIVOS	25
2.1	Objetivo geral	25
2.2	Objetivos específicos.....	25
3	ÁREA DE ESTUDO	26
3.1	Contexto geológico e geomorfológico	27
3.2	Rede hidrográfica	30
3.3	Clima	31
3.4	Características oceanográficas	33
3.5	Panorama do contexto ambiental e econômico da bacia do rio Sergipe	33
3.6	O Polo Atalaia e seu entorno	35
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1	Procedência das amostras	38
4.2	Malha amostral	38
4.3	Coleta das amostras	39
4.4	Granulometria.....	44
4.5	Elementos-traço, metais, metalóides e hidrocarbonetos dos sedimentos	45
4.6	Análise dos impactos antropogênicos: Diretrizes de Qualidade de Sedimentos (DQS).....	46
4.7	Tratamento das amostras para foraminíferos no laboratório de Ciências da Terra - EACH-USP	48

4.8	Microscopia eletrônica de varredura - IGc USP	49
4.9	Índices ecológicos e análises estatísticas.....	49
4.10	Morfometria das carapaças.....	51
4.11	Índice <i>Ammonia-Elphidium</i>	51
5	RESULTADOS	52
5.1	Resultados Físico-Químicos.....	52
5.1.1	Granulometria.....	52
5.1.2	Nutrientes (Carbono Total, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total e Fósforo).....	53
5.1.3	Hidrocarbonetos	55
5.1.4	Elementos-traço, metais e metalóides	56
5.2	Resultados da meiofauna (foraminíferos)	58
5.2.1	Estrutura das associações: densidade, riqueza e frequência de ocorrência, diversidade e dominância das tanatocenoses.....	58
5.2.2	Estrutura das associações: densidade, riqueza e frequência de ocorrência, diversidade e dominância das biocenoses	69
5.2.3	Análise de agrupamento	78
5.2.4	Análise de Correlação Canônica (ACC)	86
5.2.5	Morfometria.....	93
5.2.6	Índice <i>Ammonia-Elphidium</i> (IAE)	94
6	DISCUSSÃO	97
6.1	Sobre os resultados físico-químicos	97
6.1.1	Granulometria.....	97
6.1.2	Nutrientes, Hidrocarbonetos e elementos-traço	97
6.1.3	CONAMA e ISQG/PEL.....	98
6.1.4	Impacto antrópico e complexidade ambiental na região da plataforma interna da região do Polo Atalaia.....	99
6.2	Sobre os dados microfaunísticos	102

6.2.1	Tanatocenoses	102
6.2.2	Biocenoses.....	104
6.2.3	Análise canônica.....	106
6.2.4	Morfometria.....	108
6.2.5	Índice <i>Ammonia-Elphidium</i> (IAE)	109
7	CONCLUSÃO.....	110
	REFERÊNCIAS	114
	APÊNDICE I – Inventário da tanatocenose de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014.	129
	APÊNDICE II – Pranchas com imagens de espécimes da tanatocenose obtidas por MEV.	135
	APÊNDICE III – Inventário da biocenose de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014.....	139
	APÊNDICE IV – Pranchas com imagens de espécimes da biocenose obtidas por MEV.	143
	APÊNDICE V – Dados dos táxons de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014 para as estações do grupo experimental e controle	145

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho refere-se a um estudo das associações de foraminíferos de uma área sujeita ao aporte de efluentes líquidos tratados, situada ao largo do emissário submarino ativo de produção do Polo Atalaia, Sergipe. Neste estudo buscou-se compreender a composição e a estrutura das associações, bem como seus respectivos padrões de distribuição espacial. Além disso, procurou-se analisar as relações existentes entre as associações e as variáveis ambientais (*e.g.*, elementos maiores e traços, dados hidrográficos e granulométricos) por meio de análises multivariadas, de correlação canônica e agrupamento.

Esse trabalho está inserido em uma pesquisa mais ampla de biomonitoramento da plataforma interna do Polo Atalaia, intitulado “Projeto de Monitoramento Ambiental do Emissário Submarino do Ativo de Produção Sergipe-Mar (PME)” (Projeto Thalassa/Petrobras). O referido projeto tem por objetivos fornecer elementos técnicos e científicos para o acompanhamento de eventuais impactos causados pelo lançamento, no meio ambiente, da água produzida nos campos marítimos da Bacia Sergipe/Alagoas e tratada na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Parte do material e dos dados abióticos aqui estudados foi gentilmente cedido pela Petrobras.

1.1 Os padrões ambientais para o controle da poluição

Segundo o *Group of Expert on the Scientific Aspect of Marine Environmental Protection/United Nations* (GESAMP/UN) poluição marinha pode ser definida como a introdução, direta ou indireta, de substâncias ou de energia no meio marinho e estuarino pelo homem, que resulta em efeitos nocivos, como 1) impactos sobre os recursos vivos, 2) riscos para a saúde humana, entrave às atividades marinhas, incluindo a pesca, 3) comprometimento da qualidade da água do mar, 4) perda da beleza estética e 5) impactos sobre os habitats sensíveis (GESAMP, 1982)

Já o termo contaminação ambiental é aumento de concentrações normais de um elemento químico ou de algum micro-organismo patogênico (bactérias), na água ou em sedimentos, devido a atividades antrópicas. Essas concentrações podem ser danosas aos seres vivos (GESAMP, 1982).

A poluição e/ou contaminação relacionadas às águas costeiras e marinhas é um problema ambiental e político complexo, que pode ser o centro de conflitos entre países, estados, grupos sociais e empresas. Isto ocorre uma vez que as fronteiras nacionais e estaduais não são barreiras naturais à dispersão de poluentes por meio dos corpos hídricos. Por este motivo, mecanismos políticos e legislativos devem ser criados e fiscalizados por agências governamentais reguladoras da qualidade do meio ambiente. Contudo, esta não é uma tarefa fácil de ser realizada, visto que determinadas decisões devem ser embasadas em estudos que requerem compreensão profunda sobre a interação entre poluentes e os compartimentos ambientais que eles afetam (SHORTLE; HORAN, 2013).

Os padrões ambientais como mecanismos políticos para o controle da poluição surgiram entre as décadas de 60 e 70, quando o cenário político internacional estava sensível a todas às questões que envolvessem de algum modo saúde pública e epidemiologia (ANGEL; HAMILTON; HUBER, 2007). Esses padrões fundamentam-se a partir do poder de regulação que o Estado exerce através de instrumentos de comando e controle. Com estes, o Estado estabelece medidas de conduta que se constituem em referências às ações das empresas, que podem ser punidas caso não se adequem a estes padrões ambientais. Por se tornar também uma medida de desempenho, vários atores (Estados, empresas e ONGs) operam tendo como referência os padrões ambientais, como por exemplo, aqueles que se divulgaram amplamente na qualidade de selos (configurando modelos de certificação). Este é o caso do *Forest Stewardship Council* (FSC) e a *International Organization for Standardization* (ISO).

A Declaração de Estocolmo de 1972 já apontava aos governos para a necessidade de controlar a poluição, algo que já tinha sido feito pelos Estados Unidos (*Clean Water Act* ou Lei de Controle da Poluição das Águas, em 1948 e *Clean Air Act* ou Lei de Controle da Poluição do Ar, em 1955, leis que foram revisadas na década de 70) e Reino Unido (Lei do Ar Limpo, 1956) (ANGEL; HAMILTON; HUBER, 2007; SHORTLE; HORAN, 2013).

No Brasil os temas ambientais adentraram ao debate público logo após estes ascenderem ao debate internacional. Os estados do Rio de Janeiro em 1975 (Decreto-lei Estadual do Rio de Janeiro n° 134/75) e o de São Paulo em 1976 (Lei Estadual de São Paulo n° 997/76) foram os primeiros a decretar leis de controle da poluição. As definições de poluição trazidas por ambas as leis dão destaque ao caráter negativo do termo, concordando com as tendências até então vigentes (SÁNCHEZ, 2008).

1.2 Esgoto industrial e os efluentes petroquímicos

A NBR 9800/1987 classifica o efluente industrial como aquele que provém das indústrias como resultado de seus processos de produção, água de refrigeração ou pluviais poluídas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987).

Indústrias e terminais petrolíferos geram grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes, caracterizados pela grande quantidade de hidrocarbonetos aromáticos e policíclicos, fenóis, elementos metálicos e metalóides, sulfetos, ácidos naftalênicos e vários outros tipos de substâncias (ISRAEL et al., 2008). Particularmente os elementos metálicos (Pb, Cd, Cu, Hg, Zn, Cr e Ni) são os contaminantes industriais que requerem maior controle ambiental tanto por serem tóxicos como por alguns destes apresentarem propriedades bioacumulativas (LACERDA; MARINS, 2006). Em ambientes aquáticos, fatores como o pH e o potencial redox podem biodisponibilizar tais elementos que irão se integrar na cadeia trófica, atingindo diferentes comunidades, incluindo o próprio homem.

Antes de dispor os efluentes em águas oceânicas os terminais petroquímicos devem tratá-los em Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), o que exige ampla fiscalização por parte do governo brasileiro. O controle ambiental geralmente se reduz à análise das águas e dos efluentes, o que permite a descrição do grau de impacto apenas para o momento da coleta (RODRIGUES FILHO et al., 2002). Desse modo, outras fontes de poluição difusa não são detectadas e não é possível avaliar com grande segurança o impacto das emissões (RODRIGUES FILHO et al., 2002).

A Tríade de Qualidade de Sedimentos (TQS) é uma abordagem que integra análises químicas do sedimento, teste de toxicidade e ecologia dos organismos bentônicos e tem sido aplicada na Baixada Santista, no estado de São Paulo (FURLEY, 2006). Apesar de ser uma abordagem mais completa no sentido de determinar o grau de degradação do ambiente aquático, essa abordagem ainda apresenta uma caracterização instantânea do ambiente.

Para uma avaliação da qualidade de um ambiente aquático como um todo, torna-se necessário, também, a avaliação contínua da qualidade dos sedimentos e do material particulado em suspensão. Fatores como a textura dos sedimentos, granulometria, concentração de matéria orgânica, óxidos, oxi-idróxidos de ferro e manganês e carbonato de cálcio podem influenciar na distribuição dos metais pesados (VILELA et al., 2004).

A própria natureza possui a capacidade de decompor a matéria orgânica presente nos rios, lagos e no mar. No entanto, no caso dos efluentes industriais, as concentrações de C, N, S e P, bem como de elementos metálicos podem ser elevadas. Como exemplo, tem-se o lançamento de efluentes petroquímicos do Terminal Petrolífero Almirante Barroso (TEBAR) que são lançados no Canal de São Sebastião (CSS), carregados com amônia e H_2S (GUBITOSO et al., 2008; TEODORO et al., 2010).

Por estes motivos, o estudo das concentrações de macronutrientes e, de elementos metálicos e sua relação com a fauna bentônica são de fundamental importância para avaliar qualidade ambiental dos ecossistemas costeiros.

1.3 Foraminíferos como *proxies* e a espécie *Ammonia tepida*

Foraminíferos são protozoários de vida livre, protegidos por carapaças calcárias e/ou secreto-aglutinadas, constituídas por partículas sedimentares do meio (LOEBLICH; TAPPAN, 1964). Recentemente, foram descobertas espécies destituídas de carapaças (PAWLOWSKI et al., 2003; LEJZEROWICZ et al., 2010). Têm sido usados amplamente em estudos paleoceanográficos como *proxies* para paleotemperatura e/ou paleoprodutividade, pois suas carapaças se preservam com relativa facilidade nos sedimentos e conservam muitas de suas propriedades químicas e isotópicas (LISIECKI; RAYMO, 2005). *Proxy* pode ser entendido como um instrumento para se medir uma variável não mais presente no ambiente (como nos estudos paleoambientais) ou não acessível diretamente (como nos estudos ambientais).

Particularmente em estudos ambientais, os foraminíferos têm sido utilizados desde a década de 80 do século passado (SCOTT; MEDIOLI; SCHAFFER, 2001), pois são capazes de metabolizar compostos químicos e matéria orgânica do meio. Isto é refletido, posteriormente, na sua morfologia e na composição das associações de espécies e de suas carapaças (ERNST et al., 2006). Portanto, em estudos de ambientes impactados, estes organismos podem detectar o que está acontecendo com o meio ambiente (BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005).

Vários fatores favorecem o controle ambiental baseado em análise de associações de foraminíferos: a facilidade do seu tratamento em laboratório, já que um pequeno volume de amostra fornece um número de indivíduos adequado para diversos testes estatísticos; são

facilmente conservados; possuem ciclo de vida curto, o que os tornam sensíveis às mínimas alterações ambientais; e por sua distribuição geográfica, pois se distribuem por vários sistemas ecológicos marinhos, o que possibilita a padronização de métodos e comparações de resultados entre estudos de diversas localidades (LEORRI et al., 2008).

Em áreas circunjacentes a emissários é possível encontrar duas zonas de distribuição da fauna bentônica bem caracterizada pela influência dos efluentes. Primeiro uma “zona abiótica” ou “zona morta” (*abiotic zone* ou *dead zone*), na qual não há foraminíferos vivos, e ao entorno desta primeira, uma “zona hipertrófica” (*hypertrophic zone*), na qual ocorre aumento significativo da densidade de carapaças (ALVE, 1995). Depois destas zonas de influência espera-se encontrar associações típicas para o ambiente não impactado em questão (ALVE, 1995). Esse comportamento também foi descrito para poliquetas e outros invertebrados bentônicos (ELLISON; BROOME; OGILVIE, 1986)

É comum a predominância de espécies mais resistentes aos poluentes em ambientes impactados (BURONE et al., 2006; CEARRETA et al., 2002; EICHLER et al., 2012; FRONTALINI; COCCIONI, 2008; LE CADRE; DEBENAY, 2006; YANKO; ARNOLD; PARKER, 1999). Dentre estas está a espécie *Ammonia tepida*, que é reconhecida como indicativa de estresse ambiental (BRADSHAW, 1961).

Ammonia tepida é uma espécie oportunista, capaz de tolerar grandes variações de salinidade, temperatura, pH, nível de oxigênio, entre outros parâmetros (BRADSHAW, 1961; ELSHANAWANY et al., 2011; KITAZATO, 1994; MURRAY, 1991) além de sobreviver em condições de extremas variações ambientais. Devido a isso é sempre encontrada em abundância no entorno de diversas áreas de descarga de esgotos domésticos e petroquímicos (ALVE, 1991, 1995; e. g. CEARRETA et al., 2002; DULEBA et al., 2007; LE CADRE; DEBENAY, 2006; SEIGLIE, 1968; TEODORO; DULEBA; GUBITOSO, 2011; VILELA et al., 2004; YANKO; AHMAD; KAMINSKI, 1998; YANKO; ARNOLD; PARKER, 1999; YANKO; KRONFELD; FLEXER, 1994).

Algumas carapaças de indivíduos desse gênero podem apresentar deformidades se interagem com altas concentrações de alguns metais pesados, o que já vem sendo descrito a partir de ensaios de laboratório (LE CADRE; DEBENAY, 2006). Nove tipos das deformidades mais recorrentes em ambientes impactados estão descritas pela literatura (FRONTALINI; COCCIONI, 2008). Em ambientes não impactados deformidades são comuns com uma frequência de menos de 1% em uma determinada população (GESLIN et al., 2002), o que exige

a cautela no uso de carapaças de *Ammonia tepida* deformadas como *proxy* ambiental (STOUFF; LESOURD; DEBENAY, 1999).

1.4 O estudo de foraminíferos como contribuição para o aprimoramento de *proxies* aplicados ao monitoramento ambiental

Ampliar o conhecimento sobre como os efluentes petroquímicos provenientes de emissários influenciam os sedimentos e a fauna de foraminíferos é essencial para revermos as normatizações e os procedimentos utilizados pelas organizações para a realização do monitoramento ambiental das zonas costeiras brasileiras. Estudos como o proposto pela presente dissertação têm fornecido elementos para que se realizasse amplo debate sobre as leis que regulamentam a qualidade ambiental de estuários na Europa, a *European Water Directive* (EWD) (LEORRI et al., 2008).

Sabe-se que os sedimentos são o destino final da maioria dos contaminantes dispostos em meio marinho, porém estes podem ser capturados e transformados pela fauna bentônica ou por outros processos químicos (FRONTALINI et al., 2009). Essa compreensão é necessária para o controle da poluição.

A ideia de poluição é trazida para o campo da lei a partir da noção de padrão ambiental (ANGEL; HAMILTON; HUBER, 2007; SHORTLE; HORAN, 2013), e para o caso da poluição das águas a normatização encontra-se relativamente bem estabelecida se comparado com outros tipos de poluição (MARTINS, 2008; SHORTLE; HORAN, 2013). No caso brasileiro temos as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente que estabelecem os padrões ambientais para a qualidade das águas (BRASIL, 2004).

Os *proxies* são essenciais para realizar essa *tradução* do conceito de poluição (amplo e abstrato) para a ideia de padrão ambiental (concreta e instrumentalizável do ponto de vista da gestão), possibilitando que as relações regulamentadas por lei (comando e controle) existam e se institucionalizem.

Refinar os *proxies* necessários aos estudos ambientais, isto é, compreender melhor como os foraminíferos respondem a influências do meio, significa aprimorar os padrões ambientais utilizados como referência em programas de monitoramento ambiental. Isto pode acarretar, por sua vez, em uma revisão das relações entre governo e demais atores sociais

(MACHADO-DA-SILVA; FILHO; ROSSONI, 2010; SÁNCHEZ, 2008) que prestam contas quanto à qualidade ambiental de suas atividades. Iniciativas como o FOBIMO (FORaminiferal Bio-MONitoring) tem auxiliado as políticas de proteção marinha na Europa no contexto da European Community Marine Strategy Framework Directive (MSFD) (SCHÖNFELD et al., 2012).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Fornecer elementos técnicos e científicos para aprimorar estudos de biomonitoramento que utilizam os foraminíferos como bioindicadores de qualidade ambiental, em particular em regiões marinhas submetidas a efluentes petroquímicos na região do Polo Atalaia, Sergipe.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os foraminíferos da região situada ao redor do emissário submarino do ativo de Produção Sergipe-Mar (PSM) e a sua variação espacial em relação aos parâmetros hidrográficos, sedimentológicos e geoquímicos, coletados em fevereiro de 2014;
- Analisar as características texturais e composicionais dos sedimentos, discriminando as concentrações de macronutrientes (C, N, P), de elementos metálicos e metaloides ecotóxicos e de hidrocarbonetos;
- Comparar os resultados geoquímicos com os valores guia de causa-efeito das Diretrizes de Qualidade de Sedimento (DQS) do Brasil (CONAMA n° 344/2004) e do Canadá (CCME);
- Calcular o fator de enriquecimento para os metais dos sedimentos e o índice *Ammonia-Elphidium*;

3 ÁREA DE ESTUDO

Situa-se na região norte da plataforma continental interna de Sergipe (10°S e 11°30'S; 36°30'W e 38° W), entre as bacias do rio Sergipe e Vaza Barris, próxima à desembocadura do rio Sergipe, (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo

Elaborado a partir Subsecretaria de Estado dos Recursos Energéticos e Sustentáveis, 2014.

3.1 Contexto geológico e geomorfológico

As rochas mais antigas que fazem parte do Embasamento Gnáissico e da Faixa de Dobramentos Sergipana ocorrem na região central do estado de Sergipe. Já as rochas mais recentes situam-se nas bacias sedimentares de Sergipe e Tucano e nas formações superficiais (Figura 2).

Figura 2 – Geologia do estado do Sergipe

Elaborado a partir de Subsecretaria de Estado dos Recursos Energéticos e Sustentáveis, 2014.

A planície costeira do estado do Sergipe é delimitada ao norte pelo rio São Francisco e ao Sul, pelo rio Real, constituindo um segmento litorâneo assimétrico e descontínuo, no sentido NE/SE. Devido ao delta do São Francisco, a porção mais arenosa se encontra ao norte do estado (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014). O litoral de Sergipe possui uma extensão de 150 km (BITTENCOURT; OLIVEIRA; DOMINGUEZ, 2006).

Existem três setores geomorfológicos que compõem a zona costeira do estado de Sergipe. São denominados como interface continental, planície costeira e interface marinha. Depósitos continentais do grupo Barreiras e rochas sedimentares mesozóicas da bacia sedimentar e do complexo cristalino do Pré-Cambriano formam a interface continental (CARVALHO; FONTES, 2006).

Os sedimentos do grupo Barreiras modelam os tabuleiros costeiros que se sobrepõem à bacia sedimentar de Sergipe e ao embasamento cristalino. Rumo ao interior, sua ocorrência se dá logo após a planície litorânea, atingindo altitudes próximas a 100m (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014).

A linha de costa é composta por praias dissipativas de areia fina a muito fina. O caráter retilíneo da costa contrasta com a presença dos estuários formados a partir das desembocaduras dos rios Real, Vaza-Barris, Sergipe e São Francisco (BITTENCOURT; OLIVEIRA; DOMINGUEZ, 2006).

Devido ao constante aporte de sedimentos novos, a planície costeira corresponde ao modelo de costas que avançam ao oceano, sendo as cristas de praia formam cada uma, um depósito independente referente a uma linha de praia mais antiga (CARVALHO; FONTES, 2006; FONTES et al. 2017).

A plataforma continental interna situada entre os rios São Francisco e Real apresenta largura que varia de 12 a 35 km, devido à presença dos canyons do São Francisco, Sapucaia, Japaratuba, Vaza Barris e Real (CARVALHO; FONTES, 2006; FONTES et al., 2017).

A plataforma continental do Sergipe (PCS) está inserida na costa nordeste oriental brasileira, também conhecida como costa das barreiras (COUTINHO, 2016). De modo geral, a plataforma da costa nordeste brasileira é recoberta por sedimentos biogênicos. Contudo, parte considerável da PCS é constituída por sedimentos terrígenos, devido à presença expressiva de estuários, distribuídos ao longo de sua planície costeira.

A sedimentação da PCS está diretamente relacionada ao arcabouço estrutural, à drenagem continental e ao clima da região. As principais fontes de sedimentos da PCS são o material em suspensão, oriundos das bacias de drenagem sergipana, os antigos depósitos subaéreos de areia e os depósitos carbonático de origem biogênica. Segundo Guimarães (2010), dependendo da contribuição dessas fontes, a PCS pode apresentar os seguintes domínios sedimentares:

- Siliciclástico, constituído por lamas terrígenas e sedimentos arenosos, que se restringem à plataforma interna, início da plataforma externa e cabeceira dos canyons São Francisco e Japaratuba;
- Misto, formado por sedimentos biosiliciclásticos, que podem variar de grânulo à marga arenosa e, que se distribuem pela plataforma externa;
- Bioclástico, formado por lama calcária e areia calcária, concentrada nas porções externa e centrais da plataforma externa.

A área de estudo está inserida na plataforma interna dominada pelas fácies areia lamosa, lama arenosa e lama, conforme a Figura 3, na página seguinte:

Figura 3 – Fácies sedimentares da plataforma continental de Sergipe e a posição das estações

Fonte: Fontes et al. (2017)

3.2 Rede hidrográfica

Existem 8 bacias hidrográficas no estado de Sergipe, a saber: bacias dos rios São Francisco, Vaza Barris, Real, Japarutuba, Sergipe, Piauí, Grupo de bacias Costeiras 1 (GC1) e Grupo de bacias Costeiras 2 (GC2) (SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS, 2017) (Figura 1).

A bacia do rio Sergipe é a principal bacia hidrográfica do estado, englobando 26 municípios em sua área de drenagem de 1.343 km² (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017). Seus principais afluentes são os rios Poxim, Pitanga, Morcego, Jacoca, Catinguiba e Ganhamoroba.

O rio Sergipe nasce no município de Poço Redondo, na divisa do estado da Bahia e percorre cerca de 120 km antes de desaguar no oceano Atlântico. Nesse trajeto, o rio atravessa

a região mais desenvolvida do estado, constituída pela capital Aracaju e as cidades de médio porte São Cristóvão, Laranjeiras, Santo Amaro das Brotas e Nossa Senhora do Socorro. Aracaju e Barra dos Coqueiros são os únicos municípios localizados próximo ao mar, os demais estão situados ao longo dos estuários e tabuleiros do interior.

A bacia do rio Vaza Barris possui uma área de drenagem de 16 200 km², abrigando 12 municípios na Bahia e 14 no Sergipe. Apenas 3 100 km² desta área se situa no estado sergipano. Os principais afluentes do rio Vaza Barris são os rios Paramopama, Tejupeba, Pedras, Traíras, Jacoca e Lomba, que são, de modo geral, intermitentes, devido ao clima semi-árido. O rio Vaza Barris possui 450 km de comprimento e é um rio perene. Sua nascente situa-se na Serra dos Macacos (BA) e sua foz no município de Mosqueiro (SE).

3.3 Clima

O estado de Sergipe localiza-se na faixa tropical entre 9°31'S e 11°33'S e 36°25'W e 38°14'W e segundo a classificação de Köppen seu clima é do tipo AMS' (ou tropical chuvoso) e AS (ou tropical com poucas chuvas) (MEDEIROS DE ARAÚJO et al., 2006). Dessa maneira, as temperaturas médias em Sergipe são elevadas e definidas por pouca variação térmica anual, com aproximadamente 5°C de amplitude, e o regime pluvial decresce para o interior a partir do litoral (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014).

De acordo com a temperatura e a pluviosidade, o clima sergipano pode ser dividido em três regiões distintas, denominadas: tropical úmida, com a temperatura alta e umidade alta ao longo da costa (Leste); tropical sub-úmida ou intermediária mais seca (Agreste) e semi-árida do interior (Semi-árido) (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014).

A precipitação apresenta média de 1.355 mm/ano e uma umidade relativa com média anual de 80%. De abril a julho ocorre a estação chuvosa e de outubro a janeiro a estação seca. A temperatura tem a média de 25°C, variando de 20°C a 29°C (SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO SERGIPE, 2016).

Os cartogramas apresentados na Figura 4 mostram o regime climático do estado do Sergipe para o ano de 2013:

Figura 4 – Precipitação média e temperatura média do estado do Sergipe para o ano de 2013

Modificado de Subsecretaria de Estado dos Recursos Energéticos e Sustentáveis (2014).

Os ventos do quadrante SE são mais frequentes e intensos no período chuvoso (junho/julho). Já no período seco (janeiro/fevereiro), há a predominância dos ventos do quadrante NE (FONTES et al., 2011).

3.4 Características oceanográficas

Com marés semidiurnas e dois picos de marés altas e baixas em um período de 24 horas e 50 minutos, de amplitude entre 2 e 4m, o litoral de Sergipe é caracterizado por mesomarés, sendo que as amplitudes máximas ocorrem nos equinócios de março e setembro (CARVALHO; FONTES, 2006).

3.5 Panorama do contexto ambiental e econômico da bacia do rio Sergipe

Diversas atividades econômicas são desenvolvidas ao longo da bacia do rio Sergipe, como por exemplo, pesca artesanal, recreação náutica, turismo, aquicultura e até mesmo o transporte hidroviário, que liga toda a região metropolitana de Aracaju. O poder público reconhece que a poluição resultante do desenvolvimento urbano e industrial, principalmente representada pelos efluentes domésticos e industriais lançados, colocam em risco a qualidade ambiental dessa bacia (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014).

Já na bacia do rio Vaza-Barris ocorrem atividades de lazer e turismo, além de outras atividades náuticas. Próximo à foz do referido rio, há grandes áreas de extração mineral de calcário e de areia. Uma vez que o rio Vaza-Barris passa por terrenos propícios à salinização, quando mal manejados, suas águas não podem ser utilizadas para uso industrial, humano e para irrigação, já que contém altos teores de cloro (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014).

A produção mineral no estado do Sergipe desenvolve atividades de extração de sais solúveis (carnalita, silvita, silvinita, halita e taquidrita), carbonatos (calcário, dolomito e metacarbonetos) recursos energéticos (petróleo, gás natural e turfa), minerais metálicos (cobre, níquel, chumbo, zinco, ouro, manganês, titânio, zircônio, tório, pirita e ferro) e não metálicos (areia, argila, saibro, filito, granito, gnaiss, gabro, quartzo, metassilito, metarenito, quartzito, água mineral, enxofre, flúor, fósforo e amianto) (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014).

A distribuição espacial dos recursos minerais encontrados em território sergipano encontra-se representadas na Figura 5:

Figura 5 – Os recursos minerais no estado do Sergipe

Modificado de Subsecretaria de Estado dos Recursos Energéticos e Sustentáveis (2014)

A bacia do Rio Sergipe ainda abriga diversas atividades econômicas. As principais, em ordem decrescente de área ocupada, são a indústria de cerâmicas, laticínios, produtos de limpeza e confecção; produção do café, curtume, fiação, tecelagem e produtos químicos; alimentícia, cimento e fabricação de artefatos e beneficiamento têxteis; britamento, produção de metais, plásticos, celulose construção civil e abatedouros (ROCHA et al., 2004).

Em relação a indústria do petróleo, houve um aumento de 25,97% na quantidade de poços perfurados em Sergipe de 2009 a 2012, com 1 882 poços sendo explorados em 2012. As

estimativas da Agência Nacional do Petróleo (ANP) são de que a Bacia Sedimentar do Sergipe possui uma reserva de 433 milhões de barris de petróleo e aproximadamente 7 bilhões de m³ de gás (SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS, 2014). A Figura 6 apresenta a produção do petróleo no estado:

Figura 6 – Produção de petróleo e gás em Sergipe

Modificado de Subsecretaria de Estado dos Recursos Energéticos e Sustentáveis (2014)

3.6 O Polo Atalaia e seu entorno

O complexo denominado Polo Atalaia da Petrobras, o qual é responsável pelo emissário denominado PAP-1 (Figura 7), abriga também outro emissário, o da Fábrica de

Fertilizantes Nitrogenados (Fafen-SE). É esta que opera este emissário, cujo *riser* localiza-se a sudoeste das estações estudadas.

O terminal aquaviário de Aracaju, que também faz parte do polo Atalaia e é operado pela empresa subsidiária Transpetro, é entreposto para armazenar o óleo extraído do Ceará, Espírito Santo, Alagoas, Rio Grande do Norte e Amazonas, além de armazenar e embarcar todo o petróleo que é produzido na plataforma continental e nos campos terrestres de Siriri, Riachuelo e Carmópolis (PETROBRAS, 2017).

À nordeste encontra-se outra instalação da Petrobras, o Terminal Marítimo Inácio Barbosa (TMIB), e um emissário de efluentes operado pela Companhia Vale (Figura 7).

O emissário PAP-1 possui 2,7 km de comprimento e não possui *risers*. Através deste são dispostas na área efluentes resultantes da água produzida recebida das plataformas e efluentes gerados na unidade do Polo Atalaia, que são tratados e lançados ao mar, com uma vazão de 70m³/h e lançados de forma descontínua (PARENTE, 2016)¹.

¹ Informações fornecidas por Cristiano Leite Parente, consultor da gerencia de Segurança, Meio Ambiente e saúde da Unidade de Operações de Exploração e Produção de Sergipe e Alagoas – UO/SEAL/Petrobras.

Figura 7 – Mapa de localização e identificação dos emissários na plataforma continental de Sergipe e das plataformas de operação da Petrobras

Fonte: Petrobras (2008)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Procedência das amostras

As amostras utilizadas no presente estudo foram cedidas pela Petrobras e fazem parte do biomonitoramento intitulado “Projeto de Monitoramento Ambiental do Emissário Submarino do Ativo de Produção Sergipe-Mar (PME)”, que a referida empresa realiza na região situada redor do emissário submarino. Esse biomonitoramento é feito desde 2013 em cumprimento as leis de proteção ambiental brasileiras e é realizado duas vezes ao ano, durante as estações seca e chuvosa.

4.2 Malha amostral

O delineamento da malha amostral (Figura 8) foi realizado considerando o posicionamento do emissário, a batimetria, as condições hidrodinâmicas da região e o deslocamento da pluma resultante da modelagem de dispersão do efluente do emissário. A malha amostral foi concebida pela Petrobras e aprovada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Ao todo foram estabelecidas 19 estações, sendo que 13 foram posicionadas em um gradiente de círculos concêntricos, tendo como ponto inicial a desembocadura do emissário e 6 situadas em área fora da influência da pluma de dispersão do efluente (Figura 8). A denominação das estações em relação à distância do emissário foi: A (50 m), B (150 m), C (250 m), D (400 m) e CO (controle – 5 000 m). A batimetria da malha varia de 5m a 10m. No presente trabalho, as estações A, B, C e D são chamadas de grupo experimental e as CO de grupo controle.

Seguindo as especificações do IBAMA, em cada estação, foram coletadas três réplicas, totalizando 57 amostras destinadas ao estudo da endofauna e foraminíferos.

Figura 8 – Mapa da Bacia Sergipe-Alagoas, com indicação do emissário, da faciologia da região, das estações de monitoramento (pontos azuis) e de controle (pontos vermelhos) e da modelagem da pluma do efluente

Modificado a partir de Petrobras (2014)

4.3 Coleta das amostras

As amostras deste estudo foram coletadas em 10 e 11 de fevereiro de 2014 (estação seca no Nordeste), a bordo da embarcação MARIMAR XII (Figura 9). Todo processo de amostragem foi realizado pela empresa *Gardline Marine Sciences do Brasil* e seguiram os protocolos de amostragem aprovados pelo IBAMA.

Figura 9 – Embarcação MARIMAR XII utilizada nas coletas.

Foto: Petrobras (2014)

Na Tabela 1 estão discriminadas as coordenadas geográficas dos pontos de coleta, desde 2013. Contudo, em fevereiro de 2014 algumas estações de coletas tiveram que ser reposicionadas, devido à presença de obstáculos de fundo, identificados no Sistema de Gerenciamento de Obstáculos (SGO) (Tabela 2).

Tabela 1 – Coordenadas das estações amostradas na campanha de fevereiro de 2014

Estação	Coordenada UTM (SIRGAS 2000 MC: 039° W)		Cota batimétrica aproximada (m)
	Norte	Leste	
Estações localizadas no entorno do emissário			
A1	8781122,9	714044,35	-8
A2	8781183,96	714105,47	-8
B1	8781031,1	713983,03	-8
B2	8781275,56	714197,16	-8
B3	8781246,22	713984,43	-7
B4	8781060,44	714195,75	-9
C1	8781336,62	714258,28	-8
C2	8780907,38	714103,66	-9
C3	8780970,03	713921,9	-8
C4	8781124,28	713831,83	-7
D1	8780662,53	713950,26	-9
D2	8780786,84	713738,54	-8
D3	8780972,02	713618,3	-7
Estações localizadas na área controle			
CO1	8782861,41	717675,25	-14
CO2	8782796,53	717439,89	-13
CO3	8783068,16	717573,58	-13
CO4	8782531,36	717443,65	-14
CO5	8782992,27	717308,19	-13
CO6	8782715,87	717210,92	-13

Tabela 2 – Coordenadas das estações reposicionadas na campanha de fevereiro de 2014

Coordenadas UTM (SIRGAS 2000 MC: 039° W)						
Estação	1º reposicionamento		2º reposicionamento		3º reposicionamento	
	Norte	Leste	Norte	Leste	Norte	Leste
Estações localizadas no entorno do emissário						
C3R2	8780939,02	713884,49	8780915,76	713775,04	-	-
B3R*	11°01'06,5160''	037°02'27,9514''	-	-	-	-
C3R**	11°01'18,3886''	037°02'32,7586''	-	-	-	-
D3R***	11°01'18,4675''	037°02'42,7972''	-	-	-	-
C4R***	11°01'09,5579''	037°02'33,6180''	-	-	-	-
Estações localizadas na área controle						
CO1R	8782531,96	716164,82	-	-	-	-
CO2R	8782807,93	716259,55	-	-	-	-
CO3R	8782883,63	716524,21	-	-	-	-
CO4R3	8782680,11	716626,71	8782356,32	716515,26	8782856,8	716398,33
CO5R	8782349,72	716396,81	-	-	-	-
CO6R	8782613,44	716391,26	-	-	-	-

Em cada estação foram coletadas amostras de sedimentos para análises geoquímicas (carbono, nitrogênio, fósforo, hidrocarbonetos, elementos traços e maiores), granulométricas e da meiofauna (foraminíferos). Os sedimentos foram coletados com pegador box corer de 231 L (Figura 10).

Figura 10 – Amostrador de sedimento do tipo box corer

Fotos: Petrobras (2014)

Quando o amostrador era recolhido, retirava-se primeiramente a água sobre o sedimento, quando necessário, para depois os lançamentos serem validados. O sobrenadante sifonado foi armazenado dentro dos frascos destinados à análise da endofauna e foraminíferos (Figura 11). Em cada lançamento foi medida a profundidade e a temperatura do sedimento (Figura 12).

Figura 11 – Coleta de sedimento para análise de foraminíferos (a) e fixação (b) (álcool e rosa de Bengala)

Fotos: Petrobras (2014)

Figura 12 – Drenagem das amostras (a), termômetro (b) e régua (c) para medir a profundidade do sedimento coletado

Fotos: Petrobras (2014)

As amostras foram retiradas considerando *corers* de metal de 10x10x10cm para endofauna, granulometria e teor de carbonatos e de 10x10x2cm para hidrocarbonetos, CNP (carbono, nitrogênio e fósforo) e foraminíferos. Para a coleta da amostra de metais foi usado um *corer* de PVC com 2cm de altura. Após a utilização, os *corers* para hidrocarbonetos, CNP e metais eram lavados e descontaminados em campo.

Para os foraminíferos, foram coletados somente os 2cm superficiais, que foram fixados com álcool 70%, para a conservação do material biológico, e corados com Rosa Bengala, para que os indivíduos vivos durante a coleta fossem marcados (WALTON, 1952) (Figura 11b).

4.4 Granulometria

Os dados brutos foram cedidos pela Petrobras. As análises granulométricas foram realizadas de acordo com os métodos de peneiramento e pipetagem descritos em Suguio (1973)

e os resultados foram classificados de acordo com Wentworth (1922). Esses resultados foram, posteriormente, plotados em gráficos e interpretados.

4.5 Elementos-traço, metais, metalóides e hidrocarbonetos dos sedimentos

Teores de vários elementos químicos e de hidrocarbonetos presentes nos sedimentos também foram cedidos pela Petrobras para realização da presente dissertação. Dentre os vários elementos, foram utilizados os dados referentes aos macronutrientes (C, N, P), elementos metálicos e metalóides (As, B, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Mn, Ni, V e Zn), além de alguns elementos maiores (Fe, Al) e traços (Ba). Os métodos analíticos utilizados, são apresentados a seguir.

As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório Eurofins Innolab do Brasil Ltda. (CNPJ. 04.183.043/0001-00).

Os Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP), os Hidrocarbonetos Resolvidos de Petróleo (HRP) e a Mistura Complexa Não-Resolvida (MCNR) foram determinados por Cromatografia em Fase Gasosa com Detecção de Ionização de Chama (CG/FID), de acordo com os protocolos USEPA 8015 D (USEPA, 2003) e ISO 16703 (ISO, 2004). Os elementos metálicos e metalóides, por sua vez, foram determinados por Espectrometria de Emissão Ótica-Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) e Espectrometria de Absorção Atômica – EAA (somente para o mercúrio), seguindo os protocolos EPA 3050B/6010B e o método MA-070-L2 (USEPA, 1996a; USEPA, 1996b; USEPA, 2014). Foram utilizados brancos de controle conforme cada metodologia informada.

A Tabela 3 na página seguinte apresenta os limites de detecção e os limites de quantificação de todos os parâmetros analisados nas amostras de sedimento na campanha de fevereiro de 2014:

Tabela 3 – Limite de detecção e limite de quantificação dos parâmetros analisados nas amostras de sedimento na campanha de fevereiro de 2014, em mg kg⁻¹

Parâmetro	Limite de Detecção	Limite de Quantificação
Carbono Orgânico Total	40,0	80,0
Nitrogênio Total	1,0	2,0
Fósforo Total	2,0	0,6
Alumínio (Al)	1,0	2,0
Arsênio (As)	1,0	2,0
Bário (Ba)	2,0	4,0
Boro (B)	2,0	4,0
Cádmio (Cd)	0,1	0,2
Chumbo (Pb)	0,4	1,0
Cobre (Cu)	0,1	0,2
Crômio (Cr)	0,1	0,3
Ferro (Fe)	2,0	3,0
Manganês (Mn)	0,3	1,0
Mercúrio (Hg)	0,02	0,05
Níquel (Ni)	0,4	1,0
Vanádio (V)	1,0	2,0
Zinco (Zn)	0,4	1,0
HRP	1,0	2,0
MCNR	1,0	2,0
HTP	1,0	2,0

4.6 Análise dos impactos antropogênicos: Diretrizes de Qualidade de Sedimentos (DQS)

Para avaliar o grau de impacto antropogênico na área de estudo, os dados referentes aos elementos metálicos e metaloides foram comparados aos valores guia de causa-efeito das Diretrizes de Qualidade de Sedimento (DQS) do Brasil (BRASIL, 2004) e do Canadá (CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT, 2002) (Tabela 4).

A resolução CONAMA n° 344/2004 utiliza dois níveis de valores guia, a saber: *nível 1* – limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota e *nível 2* – limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota (Tabela 4). Esses limites foram baseados na DQS dos EUA (FLORIDA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION, 1994, Long et al 1995, NOAA) que também utiliza dois níveis: 1) ERL (*effect*

range low), que é o nível no qual a concentração dos elementos ecotóxicos raramente causam efeitos adversos à biota e 2) ERM (*effect range medium*), nível acima do qual é muito provável que os efeitos adversos ocorram (Tabela 4). O intervalo entre ERL e ERM identifica as concentrações de elementos que merecem atenção.

A DQS do Canadá, que é considerada como a mais restritiva diretrizes internacionais, também delimita dois níveis de probabilidade de ocorrência de efeitos biológicos adversos: 1) ISQG (*Interim Sediment Quality Guidelines*) – indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso à comunidade biológica, 2) PEL (*Probable Effect Level*) – é o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica (Tabela 4). A faixa entre o ISQG e o PEL representa uma possível ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica. A CETESB adota esses limites da DQS canadense.

Tabela 4 – Valores guia de causa-efeito das Diretrizes de Qualidade de Sedimento (DQS) dos EUA (*Effect Range Low* - ERL; *Effect Range Low* - ERM), do Brasil (Nível 1 e 2 - CONAMA), e do Canadá (*Interim Sediment Quality Guidelines* - ISQG; *Probable Effect Level* - PEL), em mg kg⁻¹ de sedimento seco

	ERL (Long et al 1995) e Nível 1 (CONAMA, 344)	ERM (Long et al. 1995) e Nível 2 (CONAMA, 344)	ISQG (CCME, 2002)	PEL (CCME, 2002)
Arsênio	8,2	70	7,24	41,6
Cádmio	1,2	9,6	0,7	4,2
Chumbo	46,7	218	30,2	112
Cobre	34	270	18,7	108
Crômio	81	370	52,3	160
Mercúrio	0,15	0,71	0,13	0,7
Níquel	20,9	51,6	15,9	42,8
Zinco	150	410	124	271

4.7 Tratamento das amostras para foraminíferos no laboratório de Ciências da Terra - EACH-USP

Logo após o processo de amostragem em campo, as amostras foram enviadas para o LACITE-USP para serem processadas.

De cada uma das amostras do sedimento corado, foram retirados 20 cm³ de sedimento, que foram lavados em peneiras com abertura de malhas de 0,500 e 0,063mm (SCHRÖDER; SCOTT; MEDIOLI, 1987). As frações retidas nas peneiras foram secas em estufa a 40°C e submetidas, posteriormente, à análise densimétrica por flotação-afundamento em tricloroetileno (SCOTT; MEDIOLI; SCHAFFER, 2001). Esse procedimento visou separar o sedimento (grãos de quartzo e outros minerais com densidade maior que 1,46 g cm⁻³) do material biológico (diatomáceas, tecamebas, foraminíferos, tintinídeos, espículas de esponja, moluscos). Foram considerados organismos vivos aqueles que foram corados com Rosa Bengala. Os organismos mortos correspondem às testas não coradas.

Uma vez separado do sedimento, o material flotado foi triado sob microscópio estereoscópico Zeiss Stemi SV6. A triagem das tanatocenoses (foraminíferos mortos) consistiu na separação de cerca de 300 testas de foraminíferos (FATELA; TABORDA, 2002), independente de tamanho ou grau de fragmentação. Amostras com menos de 300 testas foram triadas integralmente e as com mais de 300 foram subamostradas em microquarteador *Microsplitter Green Geological* até que se obtivesse um N amostral estatisticamente viável. Particularmente nestas amostras com mais de 300 exemplares, após o quarteamento, o material flotado foi reexaminado, para a retirada de eventuais testas coradas que não foram triadas.

Para a análise das biocenoses (foraminíferos vivos) foram analisadas alíquotas que fornecessem um N amostral estatisticamente viável, ou seja, aproximadamente 100 espécimes corados (MURRAY, 1991). Posteriormente, a planilha com os valores de frequência absoluta foi convertida para valores proporcionais a volumes de 20cm³.

Todas as testas triadas foram fixadas em lâminas de fundo escuro com goma adragante, identificadas e contadas. A identificação taxonômica foi realizada comparando-se as testas com os exemplares descritos na literatura (CUSHMAN, 1930, 1939, 1942, 1950; ELLIS; MESSINA, 1940; LOEBLICH; TAPPAN, 1964, 1988; BOLTOVSKOY et al., 1980).

As espécies da tanatocenose foram identificadas pela Profa. Dra. Wânia Duleba (relatório interno da Petrobras) e o uso desses dados foi autorizado pela Petrobras. A parte referente às biocenoses, desde o processamento das amostras até a identificação, foi realizada pelo autor da presente dissertação.

4.8 Microscopia eletrônica de varredura - IGc USP

Vários exemplares foram micrografados em microscópio eletrônico de varredura do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Instituto de Geociências da USP (LABMEV-IGcUSP) para confirmação taxonômica. O material identificado foi também comparado com os exemplares da Coleção de Micropaleontologia e o banco de micrografias de foraminíferos, do Instituto de Geociências da USP (IGcUSP) e Laboratório de Ciências da Terra (LACITE-USP), respectivamente. O uso das micrografias também foi autorizado pela Petrobras.

4.9 Índices ecológicos e análises estatísticas

Com a finalidade de destacar as espécies e associações mais importantes na fauna de foraminíferos observada na área de estudo, foram calculados os seguintes índices ecológicos:

- *Abundância absoluta (n)*: corresponde ao número total de indivíduos (inteiros, total ou parcialmente fragmentados) na amostra analisada e possui valores discretos;
- *Abundância relativa (p)*: corresponde ao número proporcional de indivíduos na amostra e possui valores contínuos que podem ser expressos em percentagem, sendo expressa pela fórmula $p = n/N$, onde p = abundância relativa da espécie, n = abundância absoluta da espécie na amostra e N = número total de indivíduos na amostra;
- *Densidade (d)*: é o número total de indivíduos por 20 cm³ de sedimento (ou de volume total analisado).
- *Riqueza (S)*: é o número de espécies que ocorrem em uma amostra;

- *Frequência de ocorrência (FO)*: é relativa à ocorrência de uma espécie em um conjunto de amostras. O valor obtido é expresso em porcentagem, dado por: $FO = (n^{\circ} \text{ de amostras que contém a espécie de interesse} / n^{\circ} \text{ total de espécies}) \times 100$, sendo que para valores de $FO > 50\%$ espécies são classificadas como constantes; entre 24 e 50% espécies acessórias; $<24\%$ espécies acidentais ou raras; Riqueza (S): é o número total de espécies na amostra.
- *Diversidade de Shannon (H')*: mede o grau de incerteza em prever a que espécie pertencerá um indivíduo escolhido, ao acaso, de uma amostra com S espécies e n indivíduos. Quanto menor o valor do índice de Shannon, menor o grau de incerteza e, portanto, a diversidade da amostra é baixa. A diversidade tende a ser mais alta quanto maior o valor do índice. Esse índice considera peso igual entre as espécies raras e abundantes (LUDWIG; REYNOLDS, 1988; MAGURRAN, 1988) e é expressa pela fórmula $H' = -\sum p_i \ln p_i$, onde $p_i = n_i/N$, sendo n_i o número de indivíduos da espécie i ;
- *Dominância de Simpson (D)*: indica a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na associação faunística pertencerem à mesma espécie. Varia de 0 a 1 e quanto mais alto for, maior a probabilidade de os indivíduos serem da mesma espécie, ou seja, maior a dominância menor a diversidade. É calculado como $D = \sum p_i^2$, onde: p_i é a proporção de cada espécie, para i variando de 1 a S (Riqueza);

Os índices de Shannon e Simpson foram calculados a partir do programa computacional estatístico Past 3.10.

As diferenças nos valores das abundâncias entre as três réplicas foram testadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e teste de comparação *a posteriori* de Mann Whitney, com $p < 0,05$ utilizando programa Past 3.10.

Em seguida foi realizada uma análise de agrupamento com método de Ward com base no índice de Distância Euclidiana, com o objetivo de agrupar os pontos amostrais e as associações de foraminíferos que apresentavam características comuns (FRONTALINI et al., 2009).

Para analisar a relação entre as variáveis bióticas e abióticas, foi calculado o coeficiente de correlação não paramétrica de Spearman, obtendo-se matriz quadrada para cada um deles. As variáveis que se correlacionaram com o maior número de outras variáveis foram selecionadas para a construção da matriz destinada às análises multivariadas. Posteriormente, as matrizes abiótica e biótica foram, então, transformadas em $\log(x + 1)$ e ordenadas pela técnica de Análise de Correspondência Canônica (ACC), a partir do programa estatístico Past 3.5 (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). A significância estatística das variáveis para cada eixo será obtida pelo teste de Monte-Carlo, com $n=9999$ permutações. Por meio da ACC, é possível analisar a relação entre a composição das associações faunísticas e variáveis ambientais.

4.10 Morfometria das carapaças

Todas as carapaças da tanatocenose ($N=19\ 760$) e da biocenose ($N= 6\ 800$) foram fotografadas, a partir de uma câmera digital (AxioCam SV6), acoplada ao microscópio estereoscópio da Zeiss. Posteriormente, essas imagens digitais foram analisadas, medindo-se o eixo maior de cada carapaça, a partir do programa AxioVision® da Zeiss. Os valores obtidos foram tabulados em planilha e partir desta calculou-se a distribuição das carapaças para as 57 amostras em quatro classes de tamanho: pequenas ($< 125\ \mu\text{m}$), médias ($125 - 250\ \mu\text{m}$), grandes ($250 - 500\ \mu\text{m}$) e muito grandes ($> 500\ \mu\text{m}$).

4.11 Índice *Ammonia-Elphidium*

Para verificar os níveis de hipoxia ao longo da área estudada foi calculado o *Índice Ammonia-Elphidium* (IAE). Os dois gêneros utilizados para a obtenção deste índice são resistentes à condição de hipoxia, sendo que *Ammonia* mostra uma resistência maior do que *Elphidium*. Este índice tem sido utilizado na literatura para o estudo de regiões afetadas por hipoxia e por um grande aporte de carbono orgânico (GUPTA; TURNER; RABALAIS, 1996; GUPTA; PLATON, 2006; EICHLER et al., 2015).

O índice é dado por $IAE = [N_A/(N_A+N_E)] \times 100$, onde N_A e N_E são os números de indivíduos de *Ammonia* e *Elphidium*, respectivamente, em uma amostra.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados Físico-Químicos

5.1.1 Granulometria

De modo geral, não foram observadas diferenças significativas dos resultados granulométricos das 3 réplicas de cada ponto amostral. Somente na réplica C1R1 é que foi constatado aumento expressivo de cascalho. Por este motivo, optou-se por trabalhar com as médias das porcentagens de lama, areia e cascalho das três réplicas. A distribuição granulométrica das amostras, segundo a classificação de Wentworth (1922), pode ser observada na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 – Porcentagem da distribuição granulométrica, de acordo com Wentworth (1922), das médias das triplicatas

Estações	Grânulo	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte	Argila
A1	0,1	0,3	0,1	0,2	5,2	19,8	64,7	9,5
A2	2,6	1,4	0,5	0,4	0,8	17,4	59,7	17,3
B1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	16,1	75,7	6,2
B2	3,7	2,0	1,3	0,7	1,3	26,1	38,6	26,3
B3	0,1	0,2	0,2	0,1	1,5	24,2	55,6	18,1
B4	0,1	0,1	0,2	0,1	2,0	11,7	65,0	20,7
C1	18,8	1,8	0,8	0,5	1,5	8,0	60,7	7,9
C2	0,1	0,9	0,3	0,9	6,7	25,8	48,9	16,3
C3	0,1	0,1	0,2	0,2	8,0	41,1	36,4	14,0
C4	0,1	0,1	0,3	0,3	3,3	39,0	35,5	21,3
D1	0,1	0,1	0,2	0,3	3,2	29,5	46,6	20,1
D2	0,1	0,1	0,6	0,2	1,5	28,1	59,5	10,0
D3	0,1	0,1	0,2	0,2	19,9	27,7	48,0	3,8
CO1	1,7	3,4	0,9	0,6	6,9	32,2	44,5	9,8
CO2	1,2	2,9	0,8	2,1	16,6	27,4	41,9	7,2
CO3	0,1	0,1	0,2	0,2	3,9	59,8	21,7	13,9
CO4	0,4	0,3	0,6	0,8	4,1	33,5	45,6	14,7
CO5	1,5	2,5	1,1	0,8	5,6	23,5	50,3	14,6
CO6	0,2	0,5	0,9	0,9	2,6	57,2	22,5	15,3

Os sedimentos da área experimental apresentam predomínio de classes lamosas, com abundância de teores sílticos. Nas estações situadas próximos ao emissário, as porcentagens de lama são superiores a 70%. Contudo, a medida que se afasta do emissário, rumo a sudoeste e/ou noroeste, os sedimentos passam a ser mais lamoarenosos, com aumento significativo na quantidade de areia muito fina (Tabela 5). Particularmente nas estações A2, B2 e C1 constata-se a presença de cascalho, cujas porcentagens chegam a variar de 2,6% a 18,8%.

Na área controle, a quantidade de areia muito fina e fina é bem maior que a observada na área experimental. Isto pode ser observado notadamente nas estações CO3 e CO6 (Tabela 5).

5.1.2 Nutrientes (Carbono Total, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total e Fósforo)

As médias das concentrações de Carbono Total, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total, Fósforo e razão Carbono Orgânico/Nitrogênio (C/N) estão apresentadas na próxima página na Tabela 6.

As maiores concentrações de carbono total foram observadas próximo ao emissário, especificamente nas estações A2, B1, B2 e C1. As estações do grupo experimental, posicionadas mais próximas à linha de costa (D3, D2, D1 e C2) e as do grupo controle (CO) apresentaram valores mais baixos.

Tabela 6 – Média das concentrações de Carbono Total, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total, Fósforo, razão Carbono Orgânico/Nitrogênio total (C/N) e desvio padrão (S)

Estações	Nitrogênio total		Carbono total		Carbono Orgânico Total		Fósforo		Razão C/N
	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	
A1	764,0	27,2	11979,0	307,6	4142,2	138,1	187,0	35,6	5,4
A2	911,3	44,8	17730,3	2980,4	4384,4	199,1	260,1	69,1	4,8
B1	793,7	65,3	18692,0	1962,3	3080,5	236,4	232,5	29,4	3,9
B2	899,0	166,3	19398,0	3025,7	3448,0	91,4	227,8	136,9	3,9
B3	885,3	99,0	12107,7	2012,8	3109,9	168,2	203,3	62,4	3,6
B4	909,0	22,5	16213,0	3158,5	3242,8	58,0	248,0	98,2	3,6
C1	1022,0	56,9	15262,3	5593,5	3090,6	53,1	350,4	58,7	3,0
C2	892,7	36,8	9790,0	912,1	1920,9	242,4	159,4	18,4	2,1
C3	862,0	30,5	14427,0	3032,2	1888,1	174,7	152,1	39,5	2,2
C4	879,8	72,7	13301,3	3342,0	1676,1	42,3	151,4	10,5	1,9
D1	889,8	12,1	12643,7	3747,4	1484,1	108,7	185,8	11,9	1,7
D2	971,7	6,4	11348,0	2359,5	1580,0	61,5	168,4	36,2	1,6
D3	925,4	76,0	10993,3	1669,9	1592,9	62,8	142,0	21,3	1,7
CO1	1232,3	118,3	10972,3	670,9	1858,8	40,9	293,5	54,9	1,5
CO2	951,5	51,8	12841,0	2043,2	1341,4	137,7	163,5	24,7	1,4
CO3	950,5	47,6	10257,3	3186,0	1389,7	77,5	142,2	26,2	1,4
CO4	1112,7	174,2	15689,3	2818,5	1746,0	115,9	194,5	76,4	1,6
CO5	1087,0	116,3	12256,3	1268,3	3766,7	112,7	238,4	47,6	3,5
CO6	931,7	55,8	13668,7	2370,2	2098,1	41,1	171,6	14,0	2,3

Já as maiores concentrações de carbono orgânico total concentraram na desembocadura do emissário, ou seja, nas amostras A1 e A2 e, secundariamente nas estações B4 e B2. Excetuando a estação CO5, que apresentou valor médio de 3 766,7 mg kg⁻¹, as demais apresentaram valores inferiores a 3 100 mg kg⁻¹.

As concentrações de nitrogênio (Tabela 6) se distribuem de modo diferente quando comparado aos dados de carbono e de carbono orgânico total, ou seja, são mais elevadas nas regiões situadas mais distantes da influência direta do emissário. Os maiores valores são observados no grupo controle e nas estações do grupo experimental situadas mais a nordeste (A2, B2, B4 e C1) e a sudoeste (C2, D1, D2 e D3).

As maiores concentrações de fósforo ocorrem nas estações A1, A2, B2, B4 e C1 e na porção à sudoeste do emissário (estação D1). Nas estações que compõem o grupo controle apenas as estações CO1, CO4 e CO5 apresentam as maiores concentrações de fósforo.

5.1.3 Hidrocarbonetos

As concentrações de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP) e de mistura complexa não-resolvida (MCNR) estão apresentados na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Concentrações de hidrocarbonetos em mg kg^{-1} para as réplicas das amostras das estações do grupo experimental e controle de fevereiro de 2014

Estações	Réplica 1			Réplica 2			Réplica 3		
	Limite de Quantificação	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	Limite de Detecção	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	HRP	MCNR	HTP total	HRP	MCNR	HTP total	HRP	MCNR	HTP total
A1	4	4	8	3	2	5	3	5	8
A2	2	<2	3	4	3	7	6	10	16
B1	4	3	7	2	nd	<2	3	2	5
B2	6	8	14	4	5	9	6	12	18
B3	2	nd	<2	3	2	5	3	nd	3
B4	3	nd	3	4	2	6	3	<2	4
C1	4	<2	5	4	6	10	4	5	9
C2	<2	<2	2	2	<2	3	<2	nd	nd
C3	nd	nd	nd	<2	nd	nd	2	nd	2
C4	nd	nd	nd	3	3	6	<2	nd	nd
D1	<2	nd	nd	<2	nd	nd	nd	nd	nd
D2	<2	nd	nd	<2	nd	nd	<2	nd	nd
D3	2	nd	2	<2	nd	nd	<2	nd	nd
CO1	2	3	5	<2	<2	2	3	4	7
CO2	2	nd	nd	<2	nd	nd	<2	nd	nd
CO3	<2	nd	nd	nd	nd	nd	<2	nd	nd
CO4	<2	nd	nd	<2	nd	nd	4	6	10
CO5	5	10	15	3	4	7	2	<2	3
CO6	<2	nd	nd	2	<2	3	<2	nd	nd

*nd: valores não detectados

As estações com os maiores valores para as categorias analisadas são as estações A1, A2, B2 e C1, indicando que a pluma do efluente se dispersa em direção nordeste em relação ao emissário. O mesmo ocorreu com os nutrientes, que apresentaram maiores concentrações à nordeste do emissário.

5.1.4 Elementos-traço, metais e metalóides

Na Tabela 8, estão apresentadas as comparação das concentrações dos elementos metálicos e metalóides de acordo com as legislações brasileira CONAMA (344) e canadense (CCME, 2002). Conforme explicado no capítulo de métodos, o CONAMA é baseado nos valores de ERM e ERL da legislação norte americana. Para efeito de comparação, foi utilizada também a legislação canadense, que é mais restritiva e que a CETESB utiliza como referência para o estado de São Paulo.

A maioria dos metais e metalóides (Pb, Cr, Ni, Zn) encontram-se abaixo do nível 1 do CONAMA, ou seja, os sedimentos não estão contaminados. Contudo, os valores de As estão entre os limites de ISQG e PEL em todas as estações, indicando que os sedimentos podem causar algum dano à biota. A amostra C1 (área experimental) apresenta valores de Cd, Cr e Hg entre os limites de ISQG e PEL. A estação CO1 apresenta somente o Cr com concentração acima de PEL.

Tabela 8 – Média e desvio padrão das concentrações de elementos metálicos e metaloides em mg kg⁻¹ das estações experimental e controle de fevereiro de 2014 e valores de qualidade para sedimentos de acordo com CONAMA (344) e CCME (2002)

Estações	Alumínio		Arsênio		Bário		Boro		Cádmio		Chumbo		Cobre		Crômio		Ferro		Manganês		Mercúrio		Níquel		Vanádio		Zinco	
Limite de Detecção	1,0		1,0		2,0		2,0		0,1		0,4		0,1		0,1		2,0		0,3		0,02		0,4		1,0		0,4	
Limite de Quantificação	2,0		2,0		4,0		4,0		0,2		1,0		0,2		0,3		3,0		1,0		0,05		1,0		2,0		1,0	
Nível 1 (CONAMA, 344)	-		8,2		-		-		1,2		46,7		34		81		-		-		0,15		20,9		-		150	
Nível 2 (CONAMA, 344)	-		70		-		-		9,6		218		270		370		-		-		0,71		51,6		-		410	
ISQG (CCME, 2002)	-		7,24		-		-		0,7		30,2		18,7		52,3		-		-		0,13		15,9		-		124	
PEL (CCME, 2002)	-		41,6		-		-		4,2		112		108		160		-		-		0,7		42,8		-		271	
	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S	Média	S
A1	5,3	0,5	28,9	0,9	47,6	1,6	36,9	2,7	0,5	0,0	5,5	0,8	2,4	0,4	31,1	2,0	18,0	0,5	218,3	24,9	0,1	-	7,1	0,8	32,2	1,5	16,1	5,9
A2	10,0	1,0	30,0	0,9	53,0	4,5	49,9	3,2	0,6	0,0	8,5	0,6	5,4	0,7	41,3	2,8	22,8	0,8	302,3	31,0	nd	-	10,2	0,7	38,7	2,0	18,8	1,5
B1	8,2	2,1	30,4	0,8	46,4	4,2	48,2	9,6	0,6	0,1	7,3	1,6	4,0	1,2	37,3	5,1	21,0	2,2	283,0	62,2	nd	-	8,9	1,7	36,3	3,6	16,2	2,7
B2	9,1	3,1	29,0	2,7	51,3	4,8	51,2	10,6	0,6	0,1	8,4	3,0	5,4	2,5	40,0	7,6	21,7	2,6	289,2	72,3	nd	-	9,4	2,4	37,7	4,9	17,7	4,3
B3	4,5	0,4	27,3	0,3	38,8	9,0	37,7	1,9	0,4	0,1	5,3	0,4	2,0	0,3	29,7	1,6	17,0	0,3	202,0	16,7	nd	-	6,3	0,6	31,3	1,1	11,8	0,8
B4	5,4	0,3	28,0	0,7	45,7	8,0	39,8	1,2	0,5	0,0	5,9	0,5	2,5	0,2	31,7	0,8	18,6	1,1	214,1	11,6	nd	-	6,8	0,1	32,6	0,8	12,8	0,5
C1	13,1	5,7	32,5	2,6	48,6	9,8	73,7	34,8	0,9	0,5	10,7	4,1	7,9	4,8	56,0	22,2	27,6	3,0	402,0	166,9	0,3	-	12,1	4,7	44,6	9,5	32,4	1,8
C2	5,7	0,8	30,3	3,4	62,7	13,3	50,1	10,8	0,6	0,1	8,0	2,7	4,6	2,9	41,3	8,9	19,2	0,9	297,4	96,3	nd	-	9,6	3,0	40,2	4,3	17,8	5,6
C3	4,4	2,3	25,1	5,2	29,7	7,7	34,2	9,5	0,4	0,1	5,0	2,1	2,0	1,3	27,8	9,0	15,5	4,2	187,8	74,7	nd	-	5,9	2,3	28,4	7,1	11,4	4,7
C4	3,7	0,2	28,8	0,3	24,9	2,7	37,0	0,2	0,5	0,1	4,9	0,2	1,5	0,1	28,2	0,7	16,4	0,5	184,4	6,8	nd	-	5,7	0,3	30,6	0,8	11,1	0,5
D1	4,4	0,0	29,2	1,1	35,8	8,9	37,1	2,3	0,4	0,0	4,9	0,2	2,5	0,9	29,3	0,5	17,4	0,3	196,7	15,6	0,1	-	6,1	0,2	31,3	0,6	11,5	0,4
D2	4,4	0,4	27,8	0,6	41,1	5,4	37,0	2,9	0,4	0,0	5,1	0,1	2,1	0,3	29,6	1,3	16,0	0,5	197,0	5,9	0,1	0,0	6,2	0,3	30,9	1,0	11,6	0,6
D3	4,3	1,2	27,7	0,7	25,2	5,8	37,4	4,3	0,4	0,0	4,9	0,9	2,0	0,7	27,9	2,8	16,1	1,4	203,0	34,4	nd	-	5,9	1,0	30,0	1,9	10,9	1,7
CO1	15,1	1,7	33,2	1,0	50,4	3,1	73,0	4,6	0,7	0,0	12,6	0,4	9,1	1,1	56,3	3,3	29,5	1,9	457,4	31,2	nd	-	14,6	1,1	49,6	2,7	26,9	1,8
CO2	5,1	0,8	26,7	1,3	33,5	4,1	40,0	3,4	0,4	0,0	5,6	0,6	2,6	0,6	31,2	2,4	18,0	0,3	212,9	17,6	nd	-	6,9	0,6	31,5	1,5	12,8	1,2
CO3	3,5	0,9	26,3	1,2	26,5	9,2	33,0	2,6	0,4	0,0	4,7	0,5	1,5	0,5	25,2	2,3	15,2	1,9	164,3	16,7	nd	-	5,2	0,7	27,7	1,7	9,5	1,3
CO4	5,7	3,1	27,4	3,3	27,8	9,8	42,7	12,5	0,4	0,1	6,0	2,3	2,9	2,2	31,2	9,8	17,2	3,6	236,0	90,2	nd	-	6,9	3,0	31,4	6,5	12,6	5,4
CO5	9,0	2,5	31,4	2,4	33,4	9,7	53,5	9,1	0,6	0,0	8,5	3,1	4,7	1,7	39,8	7,3	22,2	2,5	316,1	76,2	0,1	-	9,2	2,2	38,4	5,0	17,7	4,1
CO6	5,1	0,5	27,5	0,5	26,1	7,2	37,8	2,8	0,4	0,0	6,0	0,5	2,4	0,3	29,7	1,4	17,0	1,0	208,0	18,0	nd	-	6,2	0,3	31,1	1,0	11,9	0,8

*nd: valores não detectados

5.2 Resultados da meiofauna (foraminíferos)

5.2.1 Estrutura das associações: densidade, riqueza e frequência de ocorrência, diversidade e dominância das tanatocenoses

A identificação das espécies da tanatocenose e seus respectivos valores de abundância, densidade e riqueza, em cada réplica são apresentados nos apêndices (APÊNDICE I, APÊNDICE II e APÊNDICE V).

Foram encontrados 96 táxons (87 espécies e 9 gêneros) de foraminíferos, pertencentes às subordens Rotaliina (60 espécies e 4 gêneros), Miliolina (17 espécies e 5 gêneros) e Textulariina (9 espécies) (APÊNDICE I). Algumas espécies estão representadas nas Pranchas 1 a 2 (Anexo III). Foram encontrados alguns exemplares de organismos típicos de água doce, como os foraminíferos alogromídeos *Blysmaphera* sp. (Subordem Allogromiina); as tecamebas *Arcella* sp. (estação CO2-R1) e *Centropyxis* sp. (B2-R2) e tintinídeos (em quase todas as amostras). A presença destes protozoários de água doce deve estar relacionada ao aporte do rio Sergipe. Também foram observados microbivalves (com duas conchas intactas) e microgastrópodes em todas as amostras.

Em sua maioria as amostras estudadas apresentam quantidade volumosa de carapaças de foraminíferos. Devido a isto foi necessário subamostrar o material concentrado pelo tricloretileno várias vezes, como por exemplo, a amostra CO5-R3, que foi subamostrada cinco vezes (1/32) (Tabela 9). Contudo, nas amostras CO1-R3, CO3-R1 e CO6 (R1, R2, R3), o material concentrado não precisou ser subamostrado (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores do volume de sedimento (cm^3), abundância (n° de espécies), densidade (indivíduos 20 cm^{-3}), riqueza (S) e teste estatístico de Kruskal-Wallis (H) das tanatocenoses. Valores de H e p das réplicas dos conjuntos amostrais A, B, C, D e CO

Amostras	Fração analisada	Fauna Total analisada	Kruskal-Wallis	Densidade (espécimes/ 20 cm^2)	Mortos/Vivos	Fauna de Mortos e de Vivos	Riqueza (n° espécies)	Diversidade Shannon (H')	Simpson (D)
A1-R1	1/8	378	H=3,396; p=0,138	3024	M V	368 10	41 3	2,157	0,305
A1-R2	1/8	417		3336	M V	398 19	46 5	2,308	0,254
A1-R3	1/16	498		7968	M V	396 102	51 8	2,026	0,291
A2-R1	1/4	367	H=1,172; p=0,501	1468	M V	341 26	40 4	2,315	0,242
A2-R2	1/8	388		3104	M V	372 16	50 6	2,817	0,137
A2-R3	1/2	523		1046	M V	311 212	43 11	2,456	0,178
B1-R1	1/4	345	H=2,028; p=0,308	1380	M V	338 7	54 3	3,033	0,115
B1-R2	1/4	382		1528	M V	345 37	39 6	2,341	0,260
B1-R3	1/4	389		1556	M V	375 14	43 5	2,909	0,118
B2-R1	1/4	412	H=0,052; p=0,971	1648	M V	364 48	46 5	2,919	0,111
B2-R2	1/4	500		2000	M V	304 196	47 8	2,520	0,180
B2-R3	1/2	565		1130	M V	331 234	47 8	2,362	0,201
B3-R1	1/4	371	H=0,116; p=0,935	1484	M V	336 35	47 6	2,818	0,146
B3-R2	1/4	353		1412	M V	345 8	47 5	2,652	0,186
B3-R3	1/4	420		1680	M V	316 104	47 8	2,312	0,274
B4-R1	1/8	527	H=1,573; p=0,389	4216	M V	424 103	48 6	2,703	0,145
B4-R2	1/8	377		3016	M V	375 2	41 2	2,642	0,175
B4-R3	1/8	396		3168	M V	364 32	40 2	2,612	0,151

continua

continuação

Amostras	Fração analisada	Fauna Total analisada	Kruskal-Wallis	Densidade (espécimes/20 cm ²)	Mortos/Vivos	Fauna de Mortos e de Vivos	Riqueza (n° espécies)	Diversidade Shannon (H')	Simpson (D)
C1-R1	1/8	408	H=4,180; p=0,086	3264	M V	395 13	55 2	3,028	0,106
C1-R2	1/8	375		3000	M V	338 37	40 3	2,528	0,169
C1-R3	1/16	349		5584	M V	339 10	41 5	2,605	0,170
C2-R1	1/8	352	H=2,211; p=0,283	2816	M V	330 22	44 5	2,789	0,138
C2-R2	1/16	305		4880	M V	284 21	44 4	2,759	0,151
C2-R3	1/8	447		3576	M V	348 99	54 9	2,831	0,128
C3-R1	1/8	359	H=0,948; p=0,572	2872	M V	341 18	46 3	2,562	0,199
C3-R2	1/2	330		660	M V	326 4	41 4	2,557	0,190
C3-R3	1/2	353		706	M V	345 8	49 2	2,912	0,125
C4-R1	1/2	316	H=0,393; p=0,787	632	M V	307 9	39 4	2,706	0,164
C4-R2	1/4	329		1316	M V	303 26	46 6	2,822	0,127
C4-R3	1/2	315		630	M V	285 30	42 6	2,610	0,159
D1-R1	1/4	374	H=2,351; p=0,263	1496	M V	351 23	56 4	2,838	0,143
D1-R2	1/4	371		1484	M V	364 7	50 5	2,679	0,188
D1-R3	1/2	340		680	M V	307 33	41 5	2,544	0,174
D2-R1	1/8	388	H=0,343; p=0,822	3104	M V	380 8	49 4	2,632	0,179
D2-R2	1/8	373		2984	M V	325 48	43 5	2,657	0,161
D2-R3	1/8	428		3424	M V	411 17	49 4	2,847	0,135
D3-R1	1/4	483	H=5,674; p=0,035*	1932	M V	409 74	54 7	2,958	0,102
D3-R2	1/4	296		1184	M V	284 12	37 1	2,525	0,180
D3-R3	1/2	365		730	M V	351 14	42 5	2,577	0,167

continua

continuação

Amostras	Fração analisada	Fauna Total analisada	Kruskal-Wallis	Densidade (espécimes/20 cm ²)	Mortos/Vivos	Fauna de Mortos e de Vivos	Riqueza (n° espécies)	Diversidade Shannon (H')	Simpson (D)
CO1-R1	1/4	443	H=0,550; p=0,728	1772	M V	415 28	49 7	2,846	0,125
CO1-R2	1/4	400		1600	M V	369 31	46 7	2,841	0,128
CO1-R3	1	379		379	M V	350 29	45 4	2,665	0,162
CO2-R1	1/2	355	H=0,329; p=0,828	710	M V	354 1	51 1	2,970	0,127
CO2-R2	1/4	359		1436	M V	359 0	45 0	2,852	0,126
CO2-R3	1/4	362		1448	M V	356 6	48 3	2,855	0,136
CO3-R1	1	173	H=4,513; p=0,058	173	M V	172 1	30 1	2,775	0,117
CO3-R2	1/4	412		1648	M V	412 0	39 0	2,655	0,156
CO3-R3	1/8	429		3432	M V	391 38	45 9	2,902	0,117
CO4-R1	1/2	359	H=0,269; p=0,857	718	M V	346 13	49 6	3,018	0,099
CO4-R2	1/4	331		1324	M V	321 10	45 5	2,891	0,122
CO4-R3	1/16	384		6144	M V	375 9	48 8	3,000	0,101
CO5-R1	1/16	381	H=0,299; p=0,841	6096	M V	370 11	49 2	2,888	0,122
CO5-R2	1/8	379		3032	M V	368 11	45 7	2,885	0,116
CO5-R3	1/32	371		11872	M V	364 7	43 5	2,868	0,121
CO6-R1	1	216	H=3,839; p=0,104	216	M V	215 1	38 1	2,587	0,165
CO6-R2	1	300		300	M V	293 7	49 2	2,960	0,111
CO6-R3	1	418		418	M V	404 14	49 6	2,832	0,136

concluído

*Estatisticamente significativo ($\leq 0,05$)

A densidade de foraminíferos da fauna total variou de 173 a 11 872 indivíduos. 20 cm^{-3} de sedimento, com média de 2.348 ± 1.647 indivíduos 20 cm^{-3} (Tabela 9). A densidade de vivos variou entre 1 a 234 indivíduos. 20 cm^{-3} (34 ± 50 indivíduos. 20 cm^{-3}) (Tabela 9 e Figura 13). De modo geral, os valores de densidade das amostras CO1 a CO4 são relativamente mais baixos que os observados no grupo experimental (Figura 13, região C).

Figura 13 – Densidade de indivíduos da tanatocenose para as estações da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

A partir dos dados de abundância e de densidade foi calculado o teste estatístico de Kruskal-Wallis, que revelou que exceto pela amostra D3, as demais réplicas são semelhantes entre si (Tabela 9).

Os valores de riqueza (S) variaram de 30 a 56 e apresentaram padrão de distribuição relativamente homogêneo ao longo das três regiões (Tabela 9, Figura 14)

Figura 14 – Riqueza (S) de espécies da tanatocenose para as estações da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

Pararotalia cananeaensis, *Ammonia tepida* e *Nonionoides grateloupii* são as espécies dominantes nas tanatocenoses. A Figura 15 apresenta a abundância relativa dessas três espécies ao longo das estações estudadas:

Figura 15 – Tendências da Abundância Relativa, em percentual, das espécies com maior frequência de ocorrência da tanatocenose na campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

Observa-se que as três espécies representadas mantêm a abundância relativa aproximadamente constante tanto nas estações que compõem o grupo experimental como para as estações que compõem o grupo controle (Tabela 10).

Tabela 10 – Frequência de ocorrência (FO) dos táxons das tanatocenoses das amostras das estações do grupo experimental e controle de 2014

ESPÉCIES	n° de amostras que contêm a espécie	FO (%)	FO
<i>Adelosina bicornis</i>	3	5	R
<i>Adelosina longirostra</i>	57	100	C
<i>Ammobaculites</i> sp.	1	2	R
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	20	35	A
<i>Ammonia tepida</i>	57	100	C
<i>Ammotium salsum</i>	1	2	R
<i>Amphicoryna scalaris</i>	3	5	R
<i>Asterigerinata mamilla</i>	12	21	A
<i>Blymasphaera</i> sp.	7	12	R
<i>Bolivina compacta</i>	30	53	C
<i>Bolivina doniezi</i>	30	53	C

continua

continuação

ESPÉCIES	n° de amostras que contêm a espécie	FO (%)	FO
<i>Bolivina ordinaria</i>	56	98	C
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	57	100	C
<i>Bolivina pulchella</i>	57	100	C
<i>Bolivina</i> sp.	32	56	C
<i>Bolivina striatula</i>	34	60	C
<i>Bolivinellina translucens</i>	30	53	C
<i>Buccella</i> sp.	9	16	R
<i>Bulimina marginata</i>	18	32	A
<i>Buliminella elegantissima</i>	17	30	A
<i>Cancris sagra</i>	5	9	R
<i>Caronia exilis</i>	5	9	R
<i>Cibicides</i> sp.	11	19	R
<i>Cibicidoides pseudoungeriana</i>	20	35	A
<i>Cornobella</i> sp.	22	39	A
<i>Cornuspira involvens</i>	50	88	C
<i>Criboelphidium excavatum</i>	28	49	C
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	57	100	C
<i>Cribrostomoides</i> sp.	30	53	C
<i>Cycloforina contorta</i>	31	54	C
<i>Discorbis</i> sp.	32	56	C
<i>Elphidium discoidale</i>	26	46	A
<i>Eponides repandus</i>	25	44	A
<i>Eponides</i> sp.	7	12	R
<i>Favulina hexagona</i>	3	5	R
<i>Fissurina laevigata</i>	37	65	C
<i>Fissurina lucida</i>	30	53	C
<i>Fissurina semimarginata</i>	36	63	C
<i>Fissurina</i> sp.	17	30	A
<i>Flintina bradyana</i>	14	25	A
<i>Fursenkoina pontoni</i>	23	40	A
<i>Fursenkoina riggi</i>	4	7	R
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	57	100	C
<i>Globigerina bulloides</i>	28	49	A
<i>Globigerinoides ruber</i>	8	14	R
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	54	95	C
<i>Globorotalia inflata</i>	8	14	R
<i>Gyroidina</i> sp.	1	2	R
<i>Hanzawaia boueana</i>	45	79	C
<i>Hopkinsina pacifica</i>	22	39	A
<i>Lagena</i> sp.	19	33	A

continua

continuação

ESPÉCIES	n° de amostras que contêm a espécie	FO (%)	FO
<i>Lagena striata</i>	4	7	R
<i>Lenticulina</i> sp.	15	26	A
<i>Lepidodeuterammina ochracea</i>	26	46	A
<i>Lingulina</i> sp.	35	61	C
<i>Lobatula lobatula</i>	11	19	R
<i>Miliammina fusca</i>	6	11	R
<i>Miliolinella subrotunda</i>	50	88	C
<i>Milioninella</i> sp.	13	23	R
<i>Neoconorbina terquemii</i>	31	54	C
<i>Nonion</i> sp.	52	91	C
<i>Nonionella atlantica</i>	27	47	A
<i>Nonionoides grateloupii</i>	57	100	C
<i>Orbulina universa</i>	2	4	R
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	57	100	C
<i>Patellina corrugata</i>	25	44	A
<i>Pseudononion opima</i>	36	63	C
<i>Quinqueloculina atlantica</i>	22	39	A
<i>Quinqueloculina bradyana</i>	6	11	R
<i>Quinqueloculina costata</i>	20	35	A
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	57	100	C
<i>Quinqueloculina poeyana</i>	20	35	A
<i>Quinqueloculina polygona</i>	57	100	C
<i>Quinqueloculina seminula</i>	57	100	C
<i>Quinqueloculina</i> sp.	50	88	C
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	51	89	C
<i>Reussella</i> sp.	38	67	C
<i>Reussella spinulosa</i>	10	18	R
<i>Reussoolina laevis</i>	25	44	A
<i>Rolshauseni rolshauseni</i>	9	16	R
<i>Rosalina floridana</i>	48	84	C
<i>Rosalina williamsoni</i>	48	84	C
<i>Siphonina</i> sp.	19	33	A
<i>Siphotrochamina</i> sp.	4	7	R
<i>Spiroloculina</i> sp.	22	39	A
<i>Stainforthia</i> sp.	9	16	R
<i>Textularia</i> sp.	51	89	C
<i>Trifarina angulosa</i>	15	26	A
<i>Triloculina oblonga</i>	57	100	C
<i>Triloculina</i> sp.	26	46	A
<i>Triloculina trigonula</i>	57	100	C

continua

continua

ESPÉCIES	n° de amostras que contêm a espécie	FO (%)	FO
<i>Trochammina</i> sp.	3	5	R
<i>Tubinella funalis</i>	27	47	A
<i>Uni e Bisserial</i>	14	25	A
<i>Wiesnerella auriculata</i>	8	14	R
<i>Jovem de Ammonia</i>	57	100	C
<i>Fragmentos miliolídeos</i>	53	93	C
<i>Fragmentos rotalinídeos</i>	33	58	C
<i>Formas planctônicas</i>	42	74	C
<i>Indeterminados</i>	23	40	A

concluído

Legenda: >50% espécies constantes (C); 24 – 50% acessórias (A) <24% acidentais ou raras (R).

Cinza claro - espécies da tanatocenose que ocorreram nas 57 amostras e em cinza escuro – espécies da biocenose que ocorreram acima de 30 amostras

As três espécies que mais ocorrem na tanatocenose (*Pararotalia cananeiaensis*, *Ammonia tepida* e *Nonionoides grateloupii*), foram também constantes nas amostras, i.e., apresentaram 100% de frequência de ocorrência nas 57 amostras (Tabela 10). Elas foram presentes tanto nas proximidades do emissário quanto na área controle. *Bolivina pseudoplicata*, *Bolivina pulchella*, *Criboelphidium poeyanum*, *Gavelinopsis praegeri*, *Adelosina longirosta*, *Quinqueloculina lamarckiana*, *Quinqueloculina polygona*, *Quinqueloculina seminula*, *Triloculina oblonga*, *Triloculina trigonula* e jovem de *Ammonia* também ocorreram nas 57 amostras (Tabela 10).

Outras espécies constantes (FO>50%), incluindo as do grupo dos miliolídeos (porcelanosas, e.g., *Cornuspira involvens*, *Quinqueloculina* spp., *Miliolinella subrotunda*) e outras espécies típicas da epifauna (e.g. *Rosalina williansoni*, *Neoconorbina terquemi*) não foram abundantes numericamente.

Os valores de Dominância de Simpson variaram de 0,099 a 0,305, com uma variação de amplitude de somente 0,2 (Figura 16). A estação que apresentou o maior valor foi a estação A1-R1 e o menor valor a estação CO4-R1.

Figura 16 – Valores da Dominância de Simpson para a tanatocenose da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

O índice Shannon oscilou de 2,245 a 3,107 (Figura 17). O maior valor foi observado na estação B1-R1 e o menor na A1-R3.

Figura 17 – Valores da diversidade de Shannon da tanatocenose da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

5.2.2 Estrutura das associações: densidade, riqueza e frequência de ocorrência, diversidade e dominância das biocenoses

Foram identificados 6 755 indivíduos vivos, distribuídos em 60 espécies (7 Ordens e 27 Famílias) (APÊNDICE III, APÊNDICE IV e APÊNDICE V).

A abundância dos foraminíferos vivos nas 57 amostras variou de 2 a 234 espécimes. Praticamente não foram encontrados foraminíferos vivos nas amostras C3R2, CO3-R2, CO6-R2 e CO6-R3 (Tabela 11). Como a quantidade de foraminíferos vivos em fevereiro de 2014 foi substancialmente menor que o de testas mortas, foi necessário utilizar um volume de sedimento muito grande em determinadas amostras, para se obter um número estatisticamente viável. O volume de sedimento utilizado oscilou entre 20 e 110 cm³ (Tabela 11, Figura 18).

Figura 18 – Volume de material analisado para a coleta da biocenose de foraminíferos para a campanha de fevereiro de 2014

Tabela 11 – Valores do volume de sedimento (cm³), abundância (nº de espécies), densidade (indivíduos 20cm⁻³), riqueza (S) e teste estatístico de Kruskal-Wallis (H) das biocenoses. Valores de H e *p* das réplicas dos conjuntos amostrais A, B, C, D e CO

Amostras	Volume analisado (cm ³)	Biocenose	Kruskal-Wallis	Densidade (espécimes/20cc)	Riqueza (S)	Diversidade de Shannon(H')	Dominância de Simpson (D)
A1-R1	30	50	H=0,2901 p=0,72	2,5	5	0,6901	0,6832
A1-R2	30	59		2,95	6	1,237	0,3646
A1-R3	20	94		4,7	7	1,646	0,2431
A2-R1	20	99	H=0,375 p=0,745	4,95	10	1,516	0,3172
A2-R2	30	61		3,05	8	1,685	0,226
A2-R3	20	212		10,6	11	1,03	0,5701
B1-R1	30	63	H=0,8952 p=0,5085	3,15	12	2,043	0,1701
B1-R2	30	124		6,2	11	1,646	0,262
B1-R3	50	33		1,65	8	1,627	0,2727

continua

continuação							
Amostras	Volume analisado (cm ³)	Biocenose	Kruskal-Wallis	Densidade (espécimes/20cc)	Riqueza (S)	Diversidade de Shannon(H')	Dominância de Simpson (D)
B2-R1	30	148	H=0,03731 p=0,9678	7,4	9	1,339	0,3417
B2-R2	20	196		9,8	8	0,7353	0,6916
B2-R3	20	234		11,7	8	0,9022	0,6063
B3-R1	30	98	H=0,4288 p=0,4288	4,9	11	1,609	0,2743
B3-R2	50	54		2,7	9	2,011	0,1481
B3-R3	20	104		5,2	8	0,9897	0,5139
B4-R1	20	103	H=0,09287 p=0,8956	5,15	6	0,4211	0,835
B4-R2	70	26		1,3	5	1,043	0,4734
B4-R3	30	110		5,5	6	1,169	0,3955
C1-R1	30	65	H=0,1847 p=0,8032	3,25	7	1,195	0,4282
C1-R2	30	77		3,85	5	1,096	0,3898
C1-R3	50	69		3,45	5	0,9282	0,5501
C2-R1	50	35	H=0,4271 p=0,6707	1,75	6	1,306	0,3486
C2-R2	30	174		8,7	8	0,9698	0,4449
C2-R3	20	99		4,95	9	1,131	0,5172
C3-R1	50	42	H=2,176 p=0,0391*	2,1	8	1,674	0,2358
C3-R2	110	2		0,1	1	0	1
C3-R3	110	18		0,9	4	1,211	0,3272
C4-R1	90	18	H=0,2276 p=0,7526	0,9	6	1,407	0,321
C4-R2	50	36		1,8	6	1,514	0,2531
C4-R3	90	18		0,9	4	1,228	0,3148
D1-R1	50	39	H=0,04643 p=0,9509	1,95	6	1,354	0,2952
D1-R2	50	32		1,6	6	1,573	0,2363
D1-R3	30	91		4,55	7	1,125	0,4018
D2-R1	70	20	H=0,04522 p=0,9477	1	6	1,51	0,255
D2-R2	50	49		2,45	5	1,059	0,4077
D2-R3	30	80		4	6	1,128	0,3822
D3-R1	30	105	H=1,621 p=0,2409	5,25	11	1,874	0,2098
D3-R2	70	20		1	7	1,734	0,21
D3-R3	90	15		0,75	7	1,714	0,2267

continua

continuação

Amostras	Volume analisado (cm ³)	Biocenose	Kruskal-Wallis	Densidade (espécimes/20cc)	Riqueza (S)	Diversidade de Shannon (H')	Dominância de Simpson (D)
CO1-R1	50	35	H=0,2297 p=0,7506	1,75	6	1,286	0,3355
CO1-R2	90	17		0,85	4	1,242	0,308
CO1-R3	50	30		1,5	6	1,506	0,26
CO2-R1	50	32	H=0,4305 p=0,6596	1,6	7	1,467	0,3125
CO2-R2	50	36		1,8	6	1,418	0,3302
CO2-R3	30	73		3,65	9	1,616	0,2659
CO3-R1	90	7	H=6,965 p=0,0003734*	0,35	4	1,277	0,3061
CO3-R2	90	4		0,2	1	0	1
CO3-R3	30	70		3,5	13	2,024	0,1796
CO4-R1	50	36	H=0,5816 p=0,5999	1,8	8	1,861	0,1806
CO4-R2	70	22		1,1	7	1,643	0,2603
CO4-R3	50	52		2,6	10	1,946	0,1864
CO5-R1	90	14	H=1,651 p=0,2343	0,7	5	1,433	0,2653
CO5-R2	70	25		1,25	9	1,907	0,1872
CO5-R3	50	44		2,2	11	1,959	0,189
CO6-R1	70	20	H=0,7455 p=0,2762	1	6	1,414	0,3
CO6-R2	90	4		0,2	2	0,6931	0,5
CO6-R3	90	5		0,25	3	1,055	0,36

concluído

*Estatisticamente significativo ($\leq 0,05$)

A partir da análise do teste estatístico de Kruskal-Wallis, constatou-se que a maioria das réplicas de fevereiro de 2014 é semelhante entre si, exceto a das estações C3 ($p=0,0391$) e CO3 ($p=0,00037$).

A densidade de foraminíferos da biocenose variou entre 0,1 a 11,7 indivíduos 20 cm⁻³ ($3,81 \pm 2,82$), para os dados do grupo experimental e entre 0,2 a 1,46 indivíduos 20 cm⁻³ ($1,46 \pm 1,04$) para as amostras do grupo controle. A diferença de 2,35 entre as médias destaca a diferença de densidade de espécimes entre os dois grupos.

Para as amostras do grupo experimental foram observados valores médios de densidade maiores para as estações próximas ao emissário (Figura 19, região A) se comparados com as estações mais distantes (Figura 19, região B). Houve então destacado declínio nos valores de densidade, como pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 – Densidade de indivíduos da biocenose das amostras do grupo experimental (A e B) e controle (C) da campanha de fevereiro de 2014.

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

Para as amostras do grupo controle (Figura 19, região C), as densidades de espécimes nestas estações apresentam-se baixas quando comparadas com as estações do grupo experimental (Figura 19, região A e B), com uma amplitude de 3.45 contra a de 11.6 do grupo experimental. Os valores de riqueza não apresentaram grande diferença entre as regiões A, B e C (Figura 20).

Figura 20 – Riqueza (S) para as amostras da biocenose da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

As espécies que apresentaram maior frequência de ocorrência, em ordem decrescente de importância, são: *Ammonia tepida* (0 a 100%, 21.69%±20.74), *Nonionoides grateloupii* (0 a 91.26%, 32.95%±21.42), *Nonionella atlantica* (0 a 72.46%, 26.24%±18.43), *Elphidium discoidale* (0 a 14.29%, 3.38%±4.20) e *Bolivina compacta* (0 a 16.67%, 3.18%±4.08) (Figura 21).

Figura 21 – Tendências da Abundância Relativa, em percentual, das espécies com maior frequência de ocorrência da biocenose na campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 250m (B) e 5000m (C)

A partir da Figura 21 é possível observar que as espécies apresentaram inflexão nas tendências de abundância, isto é, duas espécies aumentam a abundância com a distância e uma diminui, enquanto as outras pouco variam. Por exemplo, *Nonionoides grateoupui* diminui a sua abundância relativa conforme a distância do emissário aumenta. O inverso ocorre com *Ammonia tepida* e *Nonionella atlantica*, uma vez que a abundância dessas espécies aumenta com o aumento da distância em relação ao emissário.

Tabela 12 – Frequência de ocorrência (FO) dos táxons das biocenoses das amostras das estações do grupo experimental e controle de 2014

Espécies	n° de amostras que contém a espécie	FO(%)	FO
<i>Adelosina longirosta</i>	1	1,75	R
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	4	7,02	R
<i>Ammonia tepida</i>	56	98,25	C
<i>Bolivina compacta</i>	30	52,63	C
<i>Bolivina doniezi</i>	2	3,51	R
<i>Bolivina ordinaria</i>	26	45,61	A
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	9	15,79	R
<i>Bolivina pulchella</i>	3	5,26	R
<i>Bolivina</i> sp.	1	1,75	R
<i>Bolivina striatula</i>	19	33,33	A
<i>Bolivinella translucens</i>	4	7,02	R
<i>Caronia exilis</i>	2	3,51	R
<i>Cibicidoides pseudoungeriana</i>	4	7,02	R
<i>Cornuspira involvens</i>	1	1,75	R
<i>Criboelphidium excavatum</i>	1	1,75	R
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	5	8,77	R
<i>Cribr stomoides subglobosa</i>	1	1,75	R
<i>Elphidium discoideale</i>	30	52,63	C
<i>Fursenkoina riggi</i>	2	3,51	R
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	1	1,75	R
<i>Hopkinsina pacifica</i>	3	5,26	R
<i>Jovem de Ammonia</i>	6	10,53	R
<i>Nonion</i> sp.	1	1,75	R
<i>Nonionella atlantica</i>	48	84,21	C
<i>Nonionoides grateloupii</i>	54	94,74	C
<i>Orbulina universa</i>	1	1,75	R
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	11	19,3	R
<i>Pseudononion opima</i>	17	29,82	A
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>	6	10,53	R
<i>Textularia</i> sp.	14	24,56	A
<i>Trifarina angulosa</i>	0	0	R
<i>Triloculina oblonga</i>	10	17,54	R
<i>Triloculina trigonula</i>	1	1,75	R
<i>Tubinella funalis</i>	1	1,75	R
<i>Indeterminados</i>	20	35,09	A

Legenda: >50% espécies constantes (C); 24 – 50% acessórias (A) <24% acidentais ou raras (R).

Cinza claro - espécies da tanatocenose que ocorreram nas 57 amostras e em cinza escuro – espécies da biocenose que ocorreram acima de 30 amostras

Ammonia tepida e *Nonionoides grateloupii* foram as espécies constantes nas amostras que apresentaram mais de 90% de frequência de ocorrência nas 57 amostras. Elas estiveram presentes tanto nas circunjacências do emissário, com maior presença nas associações (Figura 21, regiões A e B) quanto na área controle.

Os valores da diversidade de Shannon variaram de 0 a 2,043 (Figura 22). A estação que apresentou o maior valor foi a estação B1-R1 enquanto que CO3-R2 e C3-R2 apresentaram os menores.

Figura 22 – Índice de Shannon para a biocenose da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 400m (B) e 5000m (C)

Os valores de Dominância de Simpson variaram de 0,148 a 1 (Figura 23):

Figura 23 – Dominância de Simpson para a biocenose da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50 m até 150 m (A), de 250 m a 400 m (B) e 5000 m (C)

5.2.3 Análise de agrupamento

A análise de agrupamento realizada com as espécies que ocorrem na tanatocenose permitiu identificar dois grupos principais, denominados Associação *Ammonia tepida* e Associação *Pararotalia cananeaensis/Nonionoides grateloupii*, conforme a Figura 24.

Figura 24 – Dendrograma obtido pelo método de Ward, com base no índice distância euclidiana, para dados de abundância das espécies da tanatocenose do Polo Atalaia coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014

Em negrito as espécies mais abundantes

O primeiro grupo reuniu os subgrupos G1, G2 e G3. O subgrupo G1 reuniu somente a espécie *Ammonia tepida*, que é a espécie dominante nesta associação.

O subgrupo G2 reuniu praticamente quase todas as espécies acessórias e raras, incluindo os representantes da epifauna, e.g., os discorbídeos, miliolídeos e dos da infauna rasa,

i.e., bolivinídeos (Figura 24). O subgrupo G2 foi formado pelas associações denominadas G2a e G2b (Figura 24). Particularmente a associação G2b reuniu majoritariamente os miliódeos, característicos da epifauna.

O subgrupo G3 caracterizou-se por ser constituído pelas espécies constantes e que ocorreram abundantemente em quase todas as estações: *Pseudononion opima*, *Triloculina oblonga*, *Triloculina trigonula*, *Quinqueloculina polygona*, *Quinqueloculina seminula*, *Bolivina ordinaria*, *Bolivina pseudoplicata*, *Gaveolinopsis praegeri*, *Cassidulina subglobosa*, *Bolivina pulchella*, *Quinqueloculina laevigata* e jovem de *Ammonia*.

A análise de agrupamento da tanatocenose para as estações de fevereiro de 2014, incluindo as réplicas, permitiu evidenciar uma tendência de distribuição das amostras do grupo controle e do grupo experimental (Figura 25).

Figura 25 – Análise de agrupamento da composição da tanatocenose em todas as amostras (estações e réplicas) coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014

As amostras em negrito estão sob influência direta do emissário

Foram formados dois grupos GA e GB. O grupo GA é formado somente pela amostra A1-R3, ou seja, amostra sob influência direta do emissário. Esta amostra teve diferença na quantidade de táxons, quando comparada as outras réplicas.

O grupo GB é subdividido em G1 e G2. O subgrupo G1 é pequeno, e reuniu somente as amostras B e C, situadas no lado nordeste do emissário.

Já o grupo G2 reuniu as demais amostras, sendo subdividido em G2a e G2b. Entre estas, observa-se que o subgrupo G2a é constituído basicamente pela maioria das amostras coletadas na área controle e que estão mais sujeitas ao aporte do rio Sergipe, i.e., CO6-R1, CO6-R2, CO3-R1, CO2-R2, CO2-R1, CO4-R2, CO5-R1, CO5-R2, CO5-R3, CO-R1, CO3-R1, CO4-R3 (Figura 25).

A análise de agrupamento realizada com os dados de biocenose permitiu identificar dois grupos principais, o Grupo G1 e o Grupo G2, conforme a Figura 26:

Figura 26 – Dendrograma obtido pelo método de Ward, com base no índice distância euclidiana, para dados de abundância da biocenose das espécies do Polo Atalaia coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014

Em negrito as espécies constantes e em sublinhado as espécies raras

O Grupo G1 é denominado Associação *Nonionoides grateloupii*, marcado somente por esta espécie, por conta de sua expressiva abundância.

O Grupo G2 está subdividido em dois grupos. O primeiro subgrupo (G2a) denominado Associação *Nonionella atlantica* e também apresenta somente esta espécie. O Grupo G2b, por

sua vez, está subdividido pelo Subgrupo G2b-1, denominado Associação *Ammonia tepida*, e pelo subgrupo G2b-2, sendo denominado Associação *Pararotalia cananeaensis*, que agrega em sua maioria as espécies acessórias ou raras. Esta última espécie aparece como espécie rara em termos de frequência de ocorrência conforme a Tabela 12, porém apresenta uma abundância relativa expressiva para a estação B3 (Réplica 3) de 68.27%, o que pode explicar o seu destaque no agrupamento.

Na Figura 27 tem-se a análise de agrupamento da biocenose para o conjunto das estações, incluindo-se as réplicas.

Figura 27 – Análise de agrupamento da composição específica dos foraminíferos da biocenose em todas as amostras (estações e réplicas) coletadas durante a campanha de fevereiro de 2014

As estações sob influência direta do emissário estão destacadas em negrito

Temos dois grupos principais. O Grupo G1 é composto por réplicas das estações A2 e B2, que estão sob direta influência do efluente, à nordeste do emissário. O Grupo G2 reúne o Subgrupo G2a e o Subgrupo G2b, que por sua vez está subdividido em dois subgrupos, G2b-1 e G2b-2.

O Subgrupo G2b-1 agrupa quase todas as estações que compõem o grupo controle, enquanto que o Subgrupo G2b-2 agrupa em sua maioria as estações que estão mais próximas do emissário, as estações A e B. O subgrupo G2b-1 se diferencia do grupo G2b-2 porque este último reúne estações mais perto do emissário em relação ao primeiro.

5.2.4 Análise de Correlação Canônica (ACC)

Os nomes das espécies da tanatocenose e das variáveis ambientais utilizadas na análise canônica são apresentados na Figura 28 e Tabela 13.

Figura 28 – Diagrama de ordenação das espécies produzida pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies de foraminíferos da tanatocenose de fevereiro de 2014

As espécies estão representadas pelos seus nomes abreviados e as variáveis ambientais por vetores

Tabela 13 – Abreviações e nomes correspondentes das espécies e das variáveis ambientais usadas na análise de correspondência canônica com os dados da campanha de fevereiro de 2014

Códigos	Nomes	Códigos	Nomes
Ba	Bário	<i>Ga.p.</i>	<i>Gavelinopsis praegeri</i>
Cd	Cádmio	<i>Gl.b.</i>	<i>Globigerina bulloides</i>
Cr	Crômio	<i>Ha.b.</i>	<i>Hanzawaia boueana</i>
Cu	Cobre	<i>Li.sp.</i>	<i>Lingulina</i> sp.
P	Fósforo	<i>Mi.s.</i>	<i>Miliolinella subrotunda</i>
Pb	Chumbo	<i>Mi.sp.</i>	<i>Milioninella</i> sp.
Zn	Zinco	<i>N.a.</i>	<i>Nonionella atlantica</i>
C/N	Carbono orgânico/nitrogênio total	<i>Ne.t.</i>	<i>Neoconorbina terquemii</i>
Silte	Porcentagem de silte	<i>No.sp.</i>	<i>Nonion</i> sp.
<i>A.l.</i>	<i>Adelosina longirostra</i>	<i>N.g.</i>	<i>Nonionoides grateloupii</i>
<i>Am.p.</i>	<i>Ammonia parkinsoniana</i>	<i>Pa.c.</i>	<i>Pararotalia cananeaensis</i>
<i>Am.t.</i>	<i>Ammonia tepida</i>	<i>Ps.o.</i>	<i>Pseudononion opima</i>
<i>Bo.c.</i>	<i>Bolivina compacta</i>	<i>Qu.a.</i>	<i>Quinqueloculina atlantica</i>
<i>Bo.d.</i>	<i>Bolivina doniezi</i>	<i>Qu.c.</i>	<i>Quinqueloculina contorta</i>
<i>Bo.o.</i>	<i>Bolivina ordinaria</i>	<i>Qu.la.</i>	<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>
<i>Bo.ps.</i>	<i>Bolivina pseudoplicata</i>	<i>Qu.p.</i>	<i>Quinqueloculina polygona</i>
<i>Bo.pu.</i>	<i>Bolivina pulchella</i>	<i>Qu.s.</i>	<i>Quinqueloculina seminula</i>
<i>Bo.st.</i>	<i>Bolivina striatula</i>	<i>Qu.v.</i>	<i>Quinqueloculina vulgaris</i>
<i>Bo.tr.</i>	<i>Bolivina translucens</i>	<i>Qu.sp.</i>	<i>Quinqueloculina</i> sp.
<i>Bo.sp.</i>	<i>Bolivina</i> sp.	<i>R.f.</i>	<i>Rosalina floridana</i>
<i>Co.i.</i>	<i>Cornuspira involvens</i>	<i>R.w.</i>	<i>Rosalina williamsoni</i>
<i>Cr.e.</i>	<i>Cribroelphidium excavatum</i>	<i>Re.sp.</i>	<i>Reussella</i> sp.
<i>Cr.p.</i>	<i>Cribroelphidium poeyanum</i>	<i>Te.sp.</i>	<i>Textularia</i> sp.
<i>Cr.sp.</i>	<i>Cribrostomoides</i> sp.	<i>Tr.o.</i>	<i>Triloculina oblonga</i>
<i>Di.sp.</i>	<i>Discorbis</i> sp.	<i>Tr.t.</i>	<i>Triloculina trigonula</i>
<i>Fi.la.</i>	<i>Fissurina laevigata</i>	<i>Tr.sp.</i>	<i>Triloculina</i> sp.
<i>Fi.lu.</i>	<i>Fissurina lucida</i>	<i>Tu.f.</i>	<i>Tubinella funalis</i>
<i>Fi.s.</i>	<i>Fissurina semimarginata</i>	<i>Jov.Am.</i>	<i>Jovem de Ammonia</i>
<i>G.s.</i>	<i>Globocassidulina subglobosa</i>		

Os dois primeiros eixos explicaram 79,36% da variação na distribuição e os demais eixos, reunidos, somaram 20,64%, com $p=0,04$ (Figura 28). Os descritores ambientais considerados como significativos na distribuição da tanatocenose foram os teores de bário, cádmio, cromo, cobre, fósforo, chumbo, zinco, a razão C/N e porcentagem de silte.

No eixo 1 observa-se a formação de um gradiente que variou com locais que concentram bário e zinco no quadrante positivo do eixo. A espécie *Nonionoides grateloupii* aparece fortemente associada a esses dois elementos (Figura 28).

Ao longo do eixo 2, no quadrante positivo do eixo, ocorre outro gradiente que reuniu amostras de locais com altos teores de fósforo e com granulometria com altas porcentagens de silte. No quadrante negativo deste eixo agrupam-se locais com crômio, chumbo e cobre.

Com relação à ordenação das estações referente aos dados da tanatocenose (Figura 29), temos um gradiente formado ao longo do eixo 1 que apresenta os locais com maiores teores de bário, zinco e razão C/N no quadrante positivo.

Embora a maioria das estações estejam posicionadas no quadrante negativo do eixo 1, em destacada oposição a concentração das variáveis ambientais apresentadas na ACC, constata-se que as amostras situadas na saída do emissário (A2-R3, B2-R2, B2-R3, B4-R1 e C2-R3) correlacionaram-se fortemente aos altos teores de bário, zinco e razão C/N.

Figura 29 – Diagrama de ordenação das estações produzida pela análise de correspondência canônica baseada nas estações estudadas para os dados de tanatocenose de fevereiro de 2014

Ao longo do eixo 2 o principal gradiente que se apresenta é o da granulação fina, representada pela porcentagem de silte e pelo aumento dos teores de cádmio e fósforo, que são maiores no quadrante positivo do eixo. Além de outras estações influenciadas por este gradiente, destacam-se as estações A1-R1, A1-R2, B1-R2 e B3-R3, que são mais próximas à desembocadura do emissário.

No quadrante negativo do eixo 2 agrupam-se locais com maiores teores de cobre, cromo e chumbo. As estações que mais se correlacionam com a distribuição desses elementos são em sua maioria estações do conjunto C, D e CO (controle), o que expressa que a presença desses elementos ocorre em áreas mais afastadas do emissário.

A análise canônica das biocenoses está apresentada na Figura 30 e nomes das espécies e das variáveis ambientais utilizadas nesta estão apresentados na Tabela 14.

Os dois primeiros eixos explicaram 90,29% da variação na distribuição e os demais eixos, reunidos, somaram 9.71%, com $p=0,045$ (Figura 30). Os descritores ambientais considerados como significativos na distribuição da biocenose de foraminíferos foram percentual de silte, a razão C/N, B, Ba, Pb, Cu, Cd e Mn.

Figura 30 – Diagrama de ordenação das espécies produzida pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies de foraminíferos da biocenose de fevereiro de 2014

As espécies estão representadas pelos seus nomes abreviados e as variáveis ambientais por vetores

Ao longo do eixo 1 ocorre um gradiente dos valores de razão C/N (Figura 30). *Nonionoides grateloupii* e *Pseudononion opima* são as espécies que mais são influenciadas pelos maiores valores dessa razão. Já a espécie *Nonionella atlantica* e *Elphidium discoidale* são as menos influenciadas, estando posicionadas nas regiões do gráfico nas quais o gradiente é menor.

Ao longo do eixo 2 o gradiente se expressa entre as amostras com sedimentos siltosos com elevados teores de B, Cd, Cu, Mn e Pb a amostras mais arenosas, com alto teor de Ba. Somente *Nonionella atlantica*, que se correlacionou aos sedimentos ricos em elementos

metálicos. *Ammonia tepida*, *Bolivina compacta*, *Bolivina ordinaria*, *Bolivina striatula*, *Elphidium discoidale* também se correlacionaram aos sedimentos mais finos.

Tabela 14 – Abreviações e nomes correspondentes das espécies e das variáveis ambientais usadas na análise de correspondência canônica com os dados da campanha de fevereiro de 2014

Códigos	Nomes
Ba	Bário
B	Boro
Cd	Cádmio
Cu	Cobre
Mn	Manganês
Pb	Chumbo
C/N	Razão carbon orgânico/nitrogênio total
Silte	Porcentagem de silte
<i>Am.t</i>	<i>Ammonia tepida</i>
<i>B.com</i>	<i>Bolivina compacta</i>
<i>B.ord</i>	<i>Bolivina ordinaria</i>
<i>B.st</i>	<i>Bolivina striatula</i>
<i>E.disc</i>	<i>Elphidium discoidale</i>
<i>N.atl</i>	<i>Nonionella atlantica</i>
<i>N.grat</i>	<i>Nonionoides grateloupii</i>
<i>P.can</i>	<i>Pararotalia cananeaensis</i>
<i>P.op</i>	<i>Pseudononion opima</i>

A Figura 31 apresenta a análise canônica para as estações a partir dos dados da biocenose.

Figura 31 – Diagrama de ordenação das estações produzida pela análise de correspondência canônica baseada nas estações estudadas para os dados de biocenose de fevereiro de 2014

Ao longo do eixo 1 agrupam-se as estações A1-R3, A2-R1, A2-R3, B1-R2, B2-R2, B3-R3, B4-R1 e C2-R3, estando fortemente associadas aos valores mais altos da razão C/N. As demais estações estudadas posicionaram-se na região do gráfico que representa o menor gradiente para esta razão.

Ao longo do eixo 2 encontram-se associadas ao maior gradiente de bário as estações A1-R1, A1-R2, C2-R2 e D1-R3. Muitas estações C, D e CO estão agrupadas na região que representa o menor gradiente para este elemento. A maioria das estações B, C, D e CO, por sua vez, estão agrupadas nas áreas de maior gradiente de B, Cd, Cu, Mn, Pb e porcentagem de silte. Esse agrupamento se opõe aos gradientes da razão C/N e da concentração bário.

5.2.5 Morfometria

Os resultados referentes à morfometria das carapaças da tanatocenose Figura 32 e da biocenose Figura 33.

Figura 32 – Morfometria das carapaças da tanatocenose das estações do grupo experimental e controle, coletadas em fevereiro de 2014

De modo geral as carapaças da tanatocenose apresentam tamanho médio ou pequeno (Figura 32). As porcentagens de carapaças médias são maiores na área controle, variando de 63,4 a 72,2%. Já na área experimental, o número de carapaças pequenas tende a aumentar, oscilando entre 28,1, a 53%. As carapaças pequenas tendem a ser mais numerosas nas estações situadas na parte noroeste da área de estudo (e.g., B4, B2). As carapaças grandes não ultrapassam 3% em todas as estações, exceto na estação CO3 do grupo controle que possui uma proporção de 5,8% dessa classe (Figura 32). Não foram observadas carapaças muito grandes.

Figura 33 – Morfometria das carapaças da biocenose das estações do grupo experimental e controle, coletadas em fevereiro de 2014

Os dados da morfometria da biocenose são muito parecidos aos obtidos da tanatocenose, ou seja, há predominância de indivíduos de tamanho médio, seguidos dos de tamanho pequeno. A estação B2 é a única estação que apresenta o predomínio de carapaças pequenas para os dados de biocenose. Apesar destas semelhanças, constata-se que há ligeiro aumento na abundância das carapaças grandes nas estações C3, D1 e D2, situadas no grupo experimental (no extremo sudoeste do emissário) e na estação CO6 no grupo controle (Figura 33).

5.2.6 Índice *Ammonia-Elphidium* (IAE)

O índice *Ammonia-Elphidium* calculado a partir dos dados de biocenose encontra-se apresentado na Figura 34. A regressão linear feita com os dados dos percentuais de carbono orgânico total, HRP, HTP e MCNR encontram-se apresentados na Figura 35.

Figura 34 – Índice *Ammonia-Elphidium* para as estações da campanha de fevereiro de 2014

Distância do emissário: de 50m até 150m (A), de 250m a 400m (B) e 5000m (C)

Figura 35 – Regressão linear entre o índice *Ammonia-Elphidium* e a porcentagem de carbono orgânico total, HRP, HTP e MCNR para as estações da campanha de fevereiro de 2014

Nota-se a partir da Figura 34 que a região formada pelas estações A e B do grupo experimental apresenta a maior quantidade de estações pobres em oxigênio (Figura 34, região A). A região que compreende as estações dos grupos C e D ainda apresenta estações com pouco oxigênio (Figura 34, região B), porém aproximadamente metade destas possuem alguma quantidade de oxigênio dissolvido. As estações do grupo controle (Figura 34, região C) são as que apresentam a maior quantidade de estações com algum oxigênio dissolvido entre as estudadas.

A partir da

Figura 35 constata-se que houve pouca correlação entre os dados de carbono orgânico total, HRP, HTP e MCNR com o índice *Ammonia-Elphidium* calculado. O carbono orgânico total (Figura 34, região A) apresentou a melhor correlação entre as variáveis analisadas, enquanto HRP a pior (Figura 34, região B). A correlação entre HTP e MCNR contra o índice *Ammonia-Elphidium* (Figura 34, regiões C e D) apresentou valor intermediário entre os coeficientes obtidos.

6 DISCUSSÃO

6.1 Sobre os resultados físico-químicos

6.1.1 Granulometria

Os sedimentos da área experimental são essencialmente lamoarenosos ao passo que os da área controle tendem a ser arenolamosos. Esses resultados coadunam com os dados de Fontes et al. (2017) e o mapa da área (Figura 3), elaborado pela Petrobras (2016), que mostram que essa porção da plataforma interna sergipana é constituída por lamas terrígenas e sedimentos arenosos. Ainda de acordo com Guimarães (2010) e Fontes et al. (2017), o silte e a argila dessa fácies terrígena são provenientes do material em suspensão das bacias de drenagem dos rios Sergipe e Vaza Barris. Já as areias são oriundas dos antigos depósitos subáereos da zona costeira e/ou, secundariamente, dos depósitos carbonáticos de origem biogênica da plataforma externa.

Esse padrão de sedimentação está diretamente relacionado à distribuição dos macronutrientes, elementos metálicos e metaloides e estrutura das associações dos foraminíferos, conforme será explicado a seguir.

6.1.2 Nutrientes, Hidrocarbonetos e elementos-traço

A quantidade de macronutrientes foi relativamente mais elevada nos locais onde foram observadas altas porcentagens de silte e argila. Esse resultado já era esperado, visto que as argilas concentram cerca de duas vezes mais matéria orgânica que siltes, e cerca de quatro vezes mais matéria orgânica que as areias muito finas (SIQUERA; APRILE, 2012; OLIVEIRA et al., 2014).

Apesar de toda a área experimental ser constituída por sedimentos lamoarenosos, foram observadas diferenças no padrão de distribuição dos macronutrientes e hidrocarbonetos.

As maiores concentrações dos teores de carbono total, carbono orgânico total, fósforo e hidrocarbonetos estão agrupadas nas estações A2, B2, C1, que, por sua vez, estão posicionadas no sentido nordeste. Esse padrão de distribuição pode estar relacionado à direção

da pluma do emissário, durante fevereiro de 2014. Contudo, foi observado que apesar dos valores de nitrogênio serem também elevados nessas estações, esses são bem mais elevados na área controle, o que pode ser influência de esgoto doméstico escoado pelo rio Sergipe. Fósforo também é elevado nas estações CO1 e CO5.

Com relação aos elementos metálicos e metaloides, os dados obtidos permitiram evidenciar que esses elementos também têm forte relação com as porcentagens de silte e que esta associação é intensificada na presença da matéria orgânica (ie., dos macronutrientes).

A estação C1 apresenta os maiores valores de Al, As, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni, Zn. Elevados valores desses elementos ocorrem também nas estações A2, B2, CO1 e CO5. Deve ser ressaltado que estas duas últimas estações estão posicionadas na área controle, indicando, portanto, que esta região não está isenta dos impactos antropogênicos. A área experimental é local com baixa energia de fundo que propicia a deposição de silte e argila.

Essa interpretação é reforçada pelo padrão de distribuição de Hg, que ocorre em elevada quantidade tanto na área controle quanto na experimental. Este padrão permite tecer algumas considerações, como por exemplo, que a área controle não é isenta de aporte antropogênico e que, portanto, não pode ser considerada como um bom background. A proveniência deste mercúrio é incerta, não há como saber se veio da drenagem continental, de fontes difusas, do emissário, entre outras.

6.1.3 CONAMA e ISQG/PEL

Com referência aos valores de ISQG e PEL observa-se que o arsênio é o que mais se destaca na região estudada. O arsênio ultrapassou ISQG em todas as estações. Embora este tenha ultrapassado os valores para ISQG, não apareceu na análise de correlação canônica, o que permite sustentar que este elemento não exerce influência nas associações de foraminíferos.

O arsênio ainda é empregado na fundição de metais, produção de esmaltes e tintas, vidros, insumos agrícolas e conservadores para madeiras (GONTIJO; BITTENCOURT, 2005). Siqueira (2012) mostrou que este elemento foi encontrado nas saídas dos emissários submarinos de Santos (SP) e próximos aos setores industriais do complexo petroquímico-metalúrgico de Cubatão está em sua maioria adsorvido pelo percentual de matéria orgânica. Desse modo é

muito provável que o arsênio que ultrapassa ISQG pode estar associado à produção petrolífera e a atividade industrial do estado do Sergipe como um todo, representando a poluição difusa.

6.1.4 Impacto antrópico e complexidade ambiental na região da plataforma interna da região do Polo Atalaia

É muito provável que toda a zona costeira do estado do Sergipe sofra negativamente por conta das atividades de exploração executadas e das condições sanitárias apresentadas pelo estado. Exige-se, portanto, cautela na análise dos dados físico-químicos e microfaunísticos que se referem ao emissário do Polo Atalaia.

A presença de intensa atividade industrial em Sergipe somada às atividades de exploração situadas ao longo de toda zona costeira do estado, representada, por exemplo, pelas atividades da Petrobras e da Companhia Vale (à nordeste da área estudada), aponta para a necessidade de maior atenção quanto ao monitoramento ambiental da área, já que todas essas atividades contribuem para aumentar a proporção de fontes difusas de contaminantes para o ambiente marinho.

Além deste fato, o contraste entre o número de municípios sergipanos que geram resíduos sanitários e industriais e daqueles que conseguem tratar os seus resíduos, independentemente de sua natureza e origem, agregam intensa complexidade ambiental à área de estudo.

Sobre a bacia hidrográfica do rio Sergipe, a principal responsável pela carga de sedimentos e demais materiais que influenciam a área de estudo, Rocha et al. (2004) assinala que esta abriga 26 dos 75 municípios sergipanos, sendo que destes 18 ocupam parcialmente a bacia.

Quando se comparam os percentuais referentes ao abastecimento de água e a coleta de esgoto ressalta-se a complexidade das condições ambientais em Sergipe. Quase 90% dos domicílios receberam água através dos serviços de abastecimento (89,63% em 2013), porém apenas um pouco mais da metade dos domicílios tiveram coleta de esgoto (53,88% em 2013). Houve pouca expansão deste serviço ou este não acompanhou o crescimento populacional, uma vez que em 2001 apenas 49,35% dos domicílios sergipanos possuíam esgoto sanitário adequado (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

Em seguida quando observamos que número de municípios que exerceram controle sobre o manejo de resíduos especiais é 43 e que dentre estes, 24 municípios gerenciaram os resíduos referentes aos serviços de saúde, 8 controlaram os resíduos industriais, 39 os resíduos oriundos da construção civil e da demolição, 8 os resíduos pneumáticos e são apenas 2 municípios os que trataram as embalagens de agrotóxicos (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

Sobre a captação de água foi registrado que em 2008, 32 dos 75 municípios realizaram captação superficial de água. Destes, 27 exerceram proteção ambiental de alguma forma durante este processo. Foram 15 os municípios que protegeram a vegetação e proibiram despejos, 25 mantiveram as áreas de captação cercadas e 10 contaram com serviços de segurança (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

Ainda referente ao processo de captação de água superficial 10 dos 32 municípios de todo o estado apontaram, em 2008, a existência de contaminação ou poluição nas fontes de captação, sendo que 6 receberam efluentes oriundos de esgoto sanitário, 4 receberam descarte de lixo, 1 recebeu resíduos de agrotóxicos e outros tipos de contaminação. Apesar de todos estes problemas, 70 municípios trataram a água para o abastecimento da população (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

Alguns municípios geram lodo como resíduo do processo de tratamento da água e no estado de Sergipe 22 municípios encontraram-se nessa situação. Destes, 15 destinaram o lodo aos rios mais próximos e 9 os depositaram em terrenos próprios para este tipo de uso. Quanto ao tratamento de esgoto é notável o número baixo de municípios sergipanos que contaram com este tipo de serviço. São 26 municípios que possuíam rede coletora em 2008, mas apenas 7 realizaram o tratamento do esgoto coletado. O tratamento preliminar e o secundário foram realizados por 4 municípios, 3 realizaram o tratamento primário e apenas 1 conseguiu realizar o tratamento terciário. Dos 7 municípios que trataram o esgoto, 4 deles destinaram os efluentes aos rios, enquanto que dos 19 municípios que não trataram o esgoto sanitário 11 destinaram este resíduo aos rios (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

O estado do Sergipe contou com 8 Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) em 2008 e estas desenvolveram diferentes tipos de tratamento. O método da lagoa de maturação é utilizado por 5 municípios e o método de lagoa facultativa foi utilizado por 4. Outros métodos também foram empregados como o método do filtro biológico (empregado em 2 municípios) e os métodos de reator anaeróbio, lodo ativado, lagoa anaeróbia e lagoa mista, estes últimos

empregados cada um por 1 município (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

O lodo gerado pelo tratamento realizado nas ETEs foi aplicado em uso posterior em apenas 1 município. Ele foi destinado à irrigação, à aquí e agricultura e aos demais serviços urbanos. Apenas 4 dos 8 municípios indicaram a destinação que deram ao lodo gerado (1 município o reaproveitou, 1 o destinou à terrenos baldios e 1 o despejou em rios ou deu outra destinação).

As melhorias e ampliações na rede coletora de esgoto ocorreram em 21 municípios em 2000 e em 19 municípios em 2008. Os tipos de melhorias ocorridas em 2008 foram realizados nas ligações prediais (em 12 municípios), na rede coletora (em 17 municípios) e nos interceptores (apenas em 1 município) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008).

Observando estas condições de maneira panorâmica cabe considerar que a região litorânea sergipana que recebeu o efluente tratado do emissário do Polo Atalaia muito provavelmente encontrava-se, em 2014, previamente impactada pela carga de efluentes urbanos oriundos do continente.

O segundo emissário operado pela Petrobras é da Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados (Fafen-SE), que entrou em operação desde 1968 (PETROBRAS, 2017). Nesta fábrica são produzidos gás carbônico, uréia fertilizante, pecuária e industrial, ácido nítrico, amônia e hidrogênio. O sulfato de amônio produzido é empregado no cultivo de cana-de-açúcar, milho e algodão, e constitui-se em importante fonte de enxofre. Sua capacidade instalada é para a produção de 303 mil toneladas/ano de sulfato de enxofre (PETROBRAS, 2017). A natureza do efluente liberado pelo emissário da Fafen-SE não foi estudada no escopo deste trabalho, porém cabe o destaque a este elemento que tem o potencial de aumentar a complexidade ambiental da zona costeira sergipana.

6.2 Sobre os dados microfaunísticos

6.2.1 Tanatocenoses

Com relação aos foraminíferos que compõem a tanatocenose do Polo Atalaia, as associações foram constituídas por espécies típicas da plataforma interna como *Ammonia tepida*, *Pararotalia cananeaensis*, *Nonionella atlantica*, *Rosalina floridana*, *Gavelinopsis praegeri*, além várias espécies de bolivinídeos, quinqueloculíneos triloculíneos e discorbídeos. Além dessa fauna autóctone e parautóctone (*Pararotalia cananeaensis*), foram encontrados nos períodos amostrais foraminíferos alóctones da plataforma externa (*Globigerina bulloides*, *Globigerinoides ruber*) e/ou provenientes do rio Sergipe (alogromídeos *Blysmasphaera* sp., tintinídeos e tecamebas *Arcella* sp., *Centropyxis* sp. e *Diffugia* sp.).

Pararotalia cananeaensis e *Ammonia tepida* tem sido observadas com frequência em regiões costeiras brasileiras, mas cada uma tem significado biológico diferente. *Pararotalia cananeaensis* é espécie marinha de águas rasas, geralmente do fital. Devido ao pequeno tamanho de sua carapaça (inferior a 200 µm), *Pararotalia cananeaensis* é facilmente transportada pelas correntes, motivo pelo qual tem sido utilizada como espécie indicadora de transporte de material sedimentar de origem marinha em regiões de plataforma interna e estuarina (DEBENAY et al., 2001; DULEBA; PETRI; STEFFANI, 2003; BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005). *Pararotalia cananeaensis* conjuntamente com espécies jovens de rotalíneos (eg., de *Ammonia* e/ou *Elphidium*) uma vez colocados em suspensão na coluna d'água tendem depositar somente em ambientes com energia hidráulica muito baixa. No Polo Atalaia a predominância de *Pararotalia cananeaensis*, bem como a presença de espécimes planctônicos, tecamebas e tintinídeos, sugere que boa parte das carapaças presente nas cicunjacências do emissário é produto de seleção hidráulica. Essa interpretação pode ser reforçada pelo fato de que uma parte das carapaças estudadas é pequena, muitas delas anãs (na faixa de 62µm). Além disso, foram observadas algumas carapaças impregnadas com óxido de ferro e com marcas de abrasão, ou seja, evidências de transporte. Em quase todas as amostras foram encontrados microbivalves com suas duas valvas unidas, o que, é uma outra evidência da baixa energia de fundo local.

Já *Ammonia tepida* não indica sedimentos remobilizados, mas sua presença sugere estresse ambiental, seja natural (aporte de água doce em ambiente marinho) ou antrópico.

Ammonia tepida é uma espécie oportunista, capaz de tolerar grandes variações de salinidade, temperatura, pH, nível de oxigênio, entre outros parâmetros (BRADSHAW, 1961; MURRAY, 1991; KITAZATO, 1994). Na faixa de pH 2,0 ela pode sobreviver por um período de 25 minutos a 1 hora e 15 minutos (BRADSHAW, 1961). Esta espécie pode sobreviver em ambientes marinhos dióxico e micróxico durante um período de 1 a 2 meses (KITAZATO, 1994). Em incubação anóxica pode perdurar, pelo menos, por 24 horas, indicando capacidade de metabolismo anaeróbio facultativo (BRADSHAW, 1961). Sendo ela capaz de sobreviver em condições de extremas variações ambientais e devido ao declínio das espécies estenobióticas, tem sido descrita, na literatura, como espécie dominante em áreas impactadas por atividades antrópicas. Além disso, *Ammonia tepida* é relatada como espécie predominante em áreas próximas a descargas de esgotos, metais pesados, poluição química e térmica, fertilizantes, soda cáustica, organo-clorados e hidrocarbonetos (e. g. SEIGLIE, 1968; ALVE, 1991; YANKO; KRONFELD; FLEXER, 1994; YANKO; AHMAD; KAMINSKI, 1998; YANKO; ARNOLD; PARKER, 1999; CEARRETA et al., 2002; VILELA et al., 2004; LE CADRE; DEBENAY, 2006; DULEBA et al., 2007).

Contudo, o uso de *Ammonia tepida* como bioindicador de poluição deve ser cauteloso. Segundo Alve (1995) alta abundância de uma espécie em área atingida por determinado efluente, não implica, necessariamente, que ela é a espécie mais tolerante. No entanto, ela pode ser a mais bem-sucedida oportunista, com alta taxa de natalidade e capacidade de colonizar rapidamente uma área perturbada, independentemente do tipo de contaminante. Entretanto, a dominância absoluta de poucas espécies, neste caso apenas *Ammonia tepida*, é típica de estresse ambiental.

A espécie *Nonionoides graneloupai* é bioindicadora de ambiente lamoso, rico em matéria orgânica, tendendo a redutor, i.e., com baixos teores de oxigênio intersticial (MARTINS et al., 2006). Esta espécie tem sido frequentemente encontrada em áreas de descarte de esgoto doméstico e industrial (DULEBA et al., 2007).

Uma possível explicação do aumento dos valores de densidade observados para as estações CO4-R3, CO5-R1, e CO5-R3 deve ser a influência do rio Sergipe que contribui com o aporte de sedimentos e a deposição das carapaças.

A partir da fauna de tanatocenose de foraminíferos e de outros organismos da meiofauna, como tecamebas, tintinídeos e microbivalves constatou-se que a área de estudo apresenta energia de fundo muito baixa, que permite a deposição de carapaças em suspensão,

provenientes de outras regiões. Além disso, pela composição faunística e pela predominância de carapaças médias, seguidas das pequenas, pode-se sugerir a presença de ambiente sob condições ambientais estressantes. Esses resultados corroboram os dados granulométricos.

6.2.2 Biocenoses

Conforme relatado no item resultados, a quantidade de foraminíferos vivos em fevereiro de 2014 foi significativamente menor que a de carapaças mortas. O volume de sedimento utilizado oscilou entre 20 e 110 cm³. Da desembocadura do emissário até a região das estações do grupo C, foi usado o volume 30 cm³. Nas regiões mais afastadas do grupo experimental (C, D) e controle (CO), a média de volume foi de 90 cm³. Em algumas amostras (e.g., C3-R2, CO3-R2, CO6-R2 e CO6-R3), por exemplo, foi necessário utilizar um volume de sedimento muito grande (90 a 110 cm³), para se obter cerca de 100 indivíduos vivos. Esses dados são elevados e assemelham-se a alguns locais situados próximos ao Terminal Petrolífero Almirante Barroso (DULEBA et al., 2007, TEODORO et al., 2010). Contudo, são inferiores aos obtidos na região da desembocadura do emissário do referido terminal, pois, nesta região, foi necessário analisar mais de 180 cm³ de sedimento para se encontrar 100 indivíduos vivos (DULEBA et al., 2007, TEODORO et al., 2010).

De modo geral, os valores de densidade da fauna dos foraminíferos das biocenoses do Polo Atalaia são baixos quando comparados a outras regiões análogas, com aporte de rios (DULEBA; DEBENAY, 2003; BURONE; PIRES-VANIN, 2006) e em locais sob influência de esgotos domésticos (TEODORO et al., 2010). No tocante ao padrão de distribuição dos valores de densidade e dominância de Simpson, constata-se os que maiores valores foram encontrados próximo a desembocadura do emissário (estações A e B) e estes diminuem rumo à área controle. Nas estações CO3 e CO6 esses dois parâmetros são baixos.

Os valores de diversidade de Shannon e riqueza (número de espécies) do Polo Atalaia é menor que o observado em regiões com características ambientais semelhantes (e.g. Ubatuba - BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005; BURONE; PIRES-VANIN, 2006).

A baixa diversidade de foraminíferos e alta dominância pode indicar *stress* ambiental (BURONE et al., 2006; ELLISSON et al., 1986; FONTALINI E COCCIONI, 2008; LEI et al.,

2015). As estações dos grupos A e B podem estar impactadas, já que a alta densidade nestas estações pode ser explicada pelo sucesso das espécies oportunistas ou resistentes aos fatores estressantes que ocupam o espaço deixado pelas espécies mais sensíveis. Resultados semelhantes foram encontrados por Eichler et al. (2012) e Frontalini e Coccioni (2008) na praia do Mar Grosso (SC, Brasil) e no Mar Adriático (Itália), respectivamente. Este mesmo padrão de distribuição foi encontrado por Nigam et al. (2006) e a ocorrência do gênero *Bolivina* nas amostras de fevereiro de 2014 corroboram o comportamento oportunista apresentado no trabalho de Frontalini et al. (2009).

As espécies com maior Frequência de Ocorrência (FO) foram *Ammonia tepida*, *Nonionella atlantica*, *Nonionoides grateloupii*. A primeira esteve presente principalmente nas estações B4, C3 e CO3 enquanto que *Nonionoides grateloupii* apresenta esse comportamento em 6 estações, sendo todas elas contidas no conjunto de amostras do grupo experimental. As estações que apresentam esses valores são A1, A2, B2, B4, C2 e D1 e, com exceção da última estação, todas estão sob a influência da pluma do efluente. Esta espécie é descrita na literatura como indicativa de ambientes com pouco oxigênio dissolvido e por tolerar altas concentrações de matéria orgânica (BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005; ELLISON; BROOME; OGILVIE, 1986).

A espécie *Nonionella atlantica*, que ocorre em 84.21% das amostras analisadas (48 estações), também apresenta frequência de ocorrência acima de 50% em 4 estações, sendo as estações B4, C1 e C2 do grupo experimental e CO2 do grupo controle. Esta espécie também está associada a ambientes com pouco oxigênio (BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005) e aporte de matéria orgânica (BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005; TEODORO; DULEBA; LAMPARELLI, 2009).

A distribuição das abundâncias e a inflexão dos valores encontrados para *Ammonia tepida*, *Nonionoides grateloupii*, *Elphidium discoideale*, *Nonionella atlantica* e *Bolivina compacta* pode explicar o fato dos índices de diversidade e dominância não terem apresentado significativa diferença entre as estações do grupo experimental e do grupo controle. Isto é, o que se altera de uma área a outra não é somente o grau de dominância ou de diversidade, mas também a espécie que é mais abundante, o que pode ser evidência condições ambientais distintas entre a área sob influência do emissário e a área não afetada.

Pelo padrão de distribuição de *Ammonia tepida* e *Nonionoides gratei*, constata-se que toda a região estudada, incluindo os pontos da área controle, pode estar submetida a um estresse ambiental prévio, sobreposto pela ação do descarte de efluente do Polo Atalaia.

A análise de cluster também reforçou a presença de *Ammonia tepida* e *Nonionoides gratei* tanto para a biocenose como para a tanatocenose, sendo que a primeira espécie tem maior destaque na tanatocenose e a segunda na biocenose do período estudado. Ambas indicam anoxia (GUPTA; TURNER; RABALAIS, 1996; EICHLER et al., 2012, 2015, para *A. tepida*; SIEGLE, 1968; BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005, para *N. gratei*), mas *N. gratei*, além de caracterizar ambiente costeiro (BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005) indica enriquecimento por matéria orgânica (SIEGLE, 1968; ELLISON et al., 1986; BONFANTE LANÇONE; DULEBA; MAHIQUES, 2005).

A análise cluster que se refere às estações agrupou aquelas mais próximas ao emissário em um grupo diferente dos grupos formados pelas estações mais afastadas (mas ainda sob sua influência) e as estações do grupo controle. Essa setorização corresponde àquela formada pela abundância relativa das espécies destacadas na biocenose, corroborando a diferença entre as estações.

6.2.3 Análise canônica

Os resultados mostraram que fração mais fina de sedimentos predominam na maioria das estações estudadas, o que pode explicar forte correlação encontrada entre sedimentos finos e elementos-traço na análise canônica. Isto porque estes se encontram nas águas oceânicas e estuarinas geralmente na forma de íons e nos sedimentos, principalmente as frações mais finas, adsorvem estes íons, funcionando como sumidouros dos elementos traço (MARTÍNEZ-COLÓN; HALLOCK; GREEN-RUIZ, 2009).

Esse comportamento concorda com o trabalho de Frontalini et al. (2009) que estudou uma região estuarina da Itália e com o trabalho de Teodoro, Duleba e Gubitoso (2011) que observaram esta dinâmica na porção à nordeste do emissário de esgoto doméstico do Araçá, do Canal de São Sebastião em São Paulo, porção esta com baixa hidrodinâmica que possibilitou o acúmulo das frações algilosas e siltosas.

As maiores concentrações dos teores de carbono, carbono orgânico total, nitrogênio e fósforo encontram-se principalmente em torno das estações A, B e C, sendo que os valores que se distribuem de acordo com a pluma do efluente são os de carbono orgânico total (que teve por sua vez forte correlação – pela razão C/N – com a espécie *Nonionoides grateloupaii*, para os dados de biocenose). É muito provável que parte da alta densidade das espécies da biocenose que se encontra próxima ao emissário se deva a esse enriquecimento.

Para o caso do emissário do Araçá em São Sebastião a alta concentração de matéria orgânica proveniente do emissário foi responsável pela depleção de oxigênio, uma vez que o aumento de nutrientes induz o consumo de O₂ por microrganismos (TEODORO; DULEBA; GUBITOSO, 2011).

Os hidrocarbonetos do Polo Atalaia que também se concentram nas regiões mais próximas ao emissário podem contribuir para o stress ambiental já sugerido pela diversidade e equitatividade apontadas pela estrutura das associações da biocenose. Porém, Barut et al. (2007) apontam que a densidade e a riqueza de *Ammonia tepida* e de indivíduos de *Nonion* e *Elphidium*, entre outras espécies, diminuem com as altas concentrações de HTP.

Para os resultados do Atalaia, *Ammonia tepida* e *Elphidium* seguem este padrão. Entretanto, das espécies da família *Nonionidae*, somente *Nonionoides grateloupaii* segue padrão inverso ao encontrado pelo autor, enquanto que *Nonionella atlantica* mantém baixa densidade em estações com alta concentração de HTP. O aumento de *Nonionella Atlantica* e de *Elphidium discoideale* que vai ocorrer para as estações mais afastadas do emissário pode se dar pelo aumento de temperatura, já que este comportamento foi bem descrito por Eichler et al. (2012) quando avaliou os foraminíferos circunjacentes ao emissário de esgoto do complexo estuarino-lagunar da Praia de Mar Grosso, no estado de Santa Catarina.

A análise de correlação canônica para a tanatocenose mostrou que em fevereiro de 2014 a espécie *Nonioinoides grateloupaii* correlacionou-se fortemente com altos teores de matéria orgânica de origem continental, bário e zinco. Essa correlação ocorreu fortemente nas amostras situadas na saída do emissário (A2-R3, B2-R2, B2-R3, B4-R1 e C2-R3). Na ACC correspondente à biocenose essa espécie também apareceu fortemente correlacionada à razão C/N, corroborando suas preferências ambientais conforme aponta a literatura.

O fósforo e a matéria orgânica de origem continental devem estar relacionados ao rio Sergipe e ao escoamento superficial do continente, já que também são componentes das rochas continentais. Na Bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro, o enriquecimento em alumínio e ferro foi atribuído por aporte continental (LACERDA, 2004). Os teores de bário e chumbo,

por sua vez, provavelmente são oriundos do emissário, uma vez que estes dois últimos podem estar presentes em resíduos industriais e combustíveis.

O chumbo é tóxico – podendo causar nos humanos a doença chamada saturnismo (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009) – e é usado na indústria de tintas e corantes, extrativa, petrolífera e de cerâmica (DUARTE; PASQUAL, 2000) enquanto que o bário, para além de sua ocorrência natural na forma do mineral baritina (BaSO_4), é muito utilizado na indústria do petróleo na composição dos fluidos de perfuração (MAGALHÃES, 2011).

O chumbo também aparece modelando as associações da biocenose. É fortemente relacionado com este temos o cádmio e cromo. O cádmio foi muito empregado em baterias, na indústria da borracha, pigmentos, e no processo de galvanização (DUARTE; PASQUAL, 2000) e o cromo na indústria do curtume (GIANNETTI; ALMEIDA; BONILLA, 2003) e galvanização de metais (POLETO; MARTINEZ, 2011). Ambos os elementos, juntamente com chumbo, interferem nas associações de *Ammonia tepida*, *Pararotalia cananeaensis* e as espécies de *Bolivina*, que se encontram nos valores mais baixos de seus gradientes.

Ammonia tepida apresentou menor abundância relativa na biocenose das áreas mais próximas do emissário enquanto que na tanatocenose ocorreu o inverso. Debenay et al. (2015) relatou que esta espécie se encontra abundante nas áreas de emissão de efluentes, o que pode explicar o seu comportamento na tanatocenose. No mesmo trabalho deste autor *Bolivina striatula* encontra-se associada à influência marinha, o que pode explicar a sua presença nas estações com os menores gradientes de arsênio e mercúrio Debenay et al. (2015).

Nonionella atlantica indicou enriquecimento de matéria orgânica nos trabalhos de Bonfante Lançone, Duleba e Mahiques (2005) e de Teodoro et al. (2009) e é negativamente afetada por emissários segundo Nigam, Saraswat e Panchang (2006). Estes achados explicam o comportamento desta espécie na biocenose fortemente associado com o nitrogênio (já que se posiciona na região na qual o gradiente da razão C/N é menor, ou seja, onde ocorre mais nitrogênio).

6.2.4 Morfometria

Há poucas diferenças na distribuição das classes de tamanho entre a tanatocenose e biocenose. A porção à nordeste do emissário é a que apresenta maior diferença. Por exemplo, a estação A2 do grupo experimental apresenta 4,3% de tecas grandes (enquanto que para a

tanatocenose esse valor é de 1,5%). A estação B2 apresenta a maior porcentagem de indivíduos pequenos (tanto na biocenose como na tanatocenose) e as tecas médias se concentram nas porções mais próximas ao emissário, com o aumento do tamanho dos indivíduos proporcional à distância deste.

O tamanho das carapaças pode indicar stress ambiental quando o número de formas anãs passa a ser expressivo (FRONTALINI; COCCIONI, 2008), muito embora não haja consenso na interpretação de dados morfométricos de foraminíferos, como afirmam Teodoro, Duleba e Gubitoso (2011). Estes autores indicam ainda que indivíduos menores podem ser resultantes da antecipação da reprodução (e. g. por falta de alimento) ou por falta de oxigênio. Seguindo esta interpretação, ocorre stress ambiental nas zonas mais próximas ao emissário.

6.2.5 Índice *Ammonia-Elphidium* (IAE)

Os valores do índice *Ammonia-Elphidium* permitiram classificar a região mais próxima ao emissário com um grau de anoxia maior do que as regiões formadas pelas estações B e C e pelo grupo controle. Essa anoxia relativa para as estações A e B estão de acordo com a presença massiva de *Nonionoides grateloupii* que indica aporte de matéria orgânica. O uso do índice foi desenvolvido e consagrado por estudos que avaliaram a anoxia atuais e pretéritas das regiões costeiras de *Long Island Sound* e *Chesapeake Bay* nos Estados Unidos (GUPTA; TURNER; RABALAIS, 1996; GUPTA; PLATON, 2006).

A regressão linear entre os valores de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e o índice *Ammonia-Elphidium* mostrou forte correlação entre estas variáveis no trabalho de Eichler et al. (2015), que avaliou os níveis de anoxia na Baía de Todos os Santos (BA). Esta correlação não ocorreu de modo significativo para os valores de hidrocarbonetos medidos para a campanha de 2014 do Polo Atalaia (HTP, HRP e MCNR). No entanto, a presença de *Ammonia tepida* e *Elphidium excavatum* indicaram anoxia na baía de Montevideu segundo Burone et al. (2006), apesar deste trabalho não ter usado o índice *A-E* para realizar esta análise.

7 CONCLUSÃO

Diante de todo contexto econômico e ambiental do estado do Sergipe é necessária cautela para análise dos resultados obtidos. A ampla gama de atividades econômicas desenvolvidas no estado, somada à intensa atividade petrolífera e a precária rede sanitária resulta em um complexo cenário que favorece à proliferação de fontes difusas de poluição. É indicado para a realização de futuras análises ambientais a serem realizadas na área estudada maior investigação sobre as diversas fontes que podem contribuir para a contaminação.

Para possibilitar uma análise mais acurada da região que é afetada pelo emissário do Polo Atalaia, obtendo informações tanto a partir da tanatocenose como da biocenose, faz-se necessário trabalhar com volumes maiores do que os de 20 cm³ indicados pelo IBAMA. Para atingir o número mínimo de 100 indivíduos vivos e garantir análises estatísticas confiáveis volumes maiores de sedimentos são necessários, pois a densidade de indivíduos vivos mostrou-se muito baixa para a região. Sugere-se que o volume de sedimentos para o estudo de foraminíferos vivos seja aumentado para no mínimo 50 cm³. Os estudos realizados pela Petrobras permitem, portanto, caracterizar as condições físicas da área com maior segurança do que o seu grau de degradação.

Com base na tanatocenose foi possível identificar que a região na qual o emissário do Polo Atalaia está situado possui uma baixa hidrodinâmica, o que favorece a deposição das carapaças. A abundância de carapaças pequenas de formas juvenis, conjuntamente com a presença de *Pararotalia cananeiaensis*, titinídeos, tecamebas e espécies planctônicas, sugere que parte do material foi transportado do rio Sergipe e/ou plataforma média ou externa. A análise das associações, portanto, permitiu conhecer principais características físicas da área estudada.

Por si só o estudo da tanatocenose não é capaz de fornecer informações suficientes para avaliar se a área que recebe os efluentes está impactada por este. Mesmo sendo possível correlacionar alguns poluentes com determinadas espécies, e também por se tratarem de indivíduos mortos é possível sustentar, que se não foram transportadas até a região uma vez que a hidrodinâmica é baixa, é muito provável que tenham vivido se favorecendo da condição de estresse. Não é possível afirmar há quanto tempo as carapaças estão depositadas ali já que a datação destas não faz parte do escopo deste trabalho nem das rotinas de avaliação ambiental realizadas com base em estudos sobre foraminíferos.

Em seguida, com base na biocenose, destaca-se que as densidades de espécimes encontradas para as áreas do grupo experimental e controle permitem sustentar uma significativa diferença nas associações, já que é marcante a alta densidade no primeiro grupo. Dentro do grupo experimental ocorrem altas densidades perto do emissário se comparadas com as mais afastadas deste, onde as densidades diminuem. A distribuição das densidades de espécimes da tanatocenose não permite observar essa mesma compartimentação.

Os dados obtidos sugerem que é a influência do emissário que conduz a essa diferença, mas cabe apontar que eles descrevem com clareza essa diferenciação, sugerindo que o emissário tenha papel fundamental nessa distribuição, principalmente a que diz respeito à biocenose.

A granulometria que modela as associações também contribui para que a estruturação se dê conforme o identificado, não só pelo fato dos foraminíferos preferirem as classes granulométricas mais finas, mas também por estas oferecerem maior capacidade de adsorção de matéria orgânica (que representa alimento aos organismos do bentos) e dos elementos-traço, elementos metálicos e metalóides, que deixam de estar na coluna d'água e passam a ter maior contato com a biota epifaunal e infaunal. Deste modo, conclui-se que tanto o efluente lançado como a granulometria influenciam as associações da biocenose.

Quanto aos índices de diversidade e dominância não foi possível apontar para a mesma diferença percebida como quando nos referimos as densidades, isto é, não há significativa diferença de diversidade e dominância entre as estações do grupo experimental e do grupo controle. Este fato ocorre uma vez que as espécies que tem as maiores dominâncias nas associações da tanatocenose não são as mesmas que da biocenose.

Existem espécies que apresentaram significativa abundância (principalmente *Ammonia tepida* e *Nonionellaatlanica*, pela baixa densidade, e *Nonionoidesgrateloup*ii pela grande abundância) principalmente em torno do emissário. A partir dos dados discutidos é possível sugerir que esta abundância é favorecida pelo aporte de efluentes. A análise de agrupamento contribui para confirmar o destaque que essas espécies têm nas associações.

Observando-se a distribuição das abundâncias das cinco espécies com maior frequência de ocorrência na biocenose, nota-se uma inflexão nas tendências. Espécies mais abundantes perto do emissário se tornam menos abundantes mais longe deste e na área controle, o que vale também para a situação oposta. Este fato é um forte indício de diferenças nas associações entre o grupo experimental e controle. Em contraste, a tanatocenose não apresenta

variação na distribuição das tendências ao longo da área estudada, o que permite sugerir que os efluentes podem influenciar a biocenose e não a tanatocenose.

A análise de agrupamento para as estações referentes a biocenose evidenciou o que já tinha sido possível destacar pela análise dos valores de densidade de espécimes e pela tendência na distribuição da abundância relativa das espécies. As estações do grupo controle aparecem agrupadas em um grupo distinto das estações do grupo experimental. Algumas estações do grupo experimental também aparecem em grupos distintos das outras de seu grupo, o que reforça o argumento de que as áreas mais próximas ao emissário apresentam associações distintas das áreas mais afastadas por sua influência.

Os dados morfométricos sugerem *stress* ambiental para as duas associações comparadas, uma vez que a pouca literatura existente para análises morfométricas aponta que carapaças pequenas e médias na maioria das associações são indicativos de ambientes estressores.

A comparação dos dados da concentração de arsênio com as referências ISQG/PEL apontam para a necessidade de controle deste elemento para a região estudada, principalmente no que diz respeito as fontes difusas, já que sua concentração está acima dos parâmetros legais.

A partir dos dados de elementos metálicos e metalóides é possível inferir que a maior parte da área experimental e controle apresentam sinais de interferência antrópica, representados pelo enriquecimento moderado de alumínio e cromo. Entretanto, não é possível demonstrar a proveniência desses elementos químicos, devido à complexidade ambiental da região.

O cálculo do índice *Ammonia-Elphidium* mostrou-se eficaz para a identificação de zonas com pouco oxigênio dissolvido entre as estações estudadas, pelo fato de corroborar com a densidade encontrada na biocenose para as espécies que toleram baixas concentrações de O₂ dissolvido.

A realização deste trabalho permitiu verificar a diferença entre a análise dos resultados da biocenose comparativamente aos da tanatocenose. Isto significa que estudar a biocenose em comparação à tanatocenose é a maneira mais indicada de se realizar uma análise ambiental de uma área que recebe um efluente.

Somente a partir dessa comparação foi possível identificar a significativa diferença nas associações quando comparamos as estações mais próximas (50 m e 150 m) com as mais

afastadas do emissário (250 m e 400 m). Essa diferença, no entanto, não se evidencia com tanta clareza a partir da análise dos dados de tanatocenose, já que muitas das carapaças podem estar muito tempo ali depositadas. Isto equivale dizer que ambientes impactados tem pouca influência na distribuição das carapaças vazias.

REFERÊNCIAS

- ABRAHIM, G. M. S.; PARKER, R. J. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 136, n. 1-3, p. 227-238, 2008.
- ADL, S. M. et al. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 52, n. 5, p. 399-451, 2005.
- ADL, S. M. et al. The revised classification of eukaryotes. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 59, n. 5, p. 429-514, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb. Disponível em <hidroweb.ana.gov.br/cd4/se.doc>. Acesso em: 27 jan. 2017.
- ALBANI, A.; BARBERO, R. S.; DONNICI, S. Foraminifera as ecological indicators in the Lagoon of Venice, Italy. **Ecological Indicators**, v. 7, n. 2, p. 239-253, 2007.
- ALVE, E. Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in SØrfjord, Western Norway. **Journal of Foraminiferal Research**, n. 21, p. 1-19, 1991.
- ALVE, E. Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review. **The Journal of Foraminiferal Research**, v. 25, n. 3, p. 190-203, 1995.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association. 18^a ed., 1992.
- ANDERSON, Stephen J. et al. A família do Futuro (Meet the Robinsons). 2007. Animação produzida pela Disney/Pixar e disponibilizada em DVD.
- ANGEL, D. P.; HAMILTON, T.; HUBER, M. T. Global Environmental Standards for Industry. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 32, n. 1, p. 295-316, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

- BABKO, A. K.; PILIPENKO, A. T. **Photometric analysis: methods of determining non-metals**. Moscou: Mirr, 1976.
- BARUT, I. F. et al. Factor determining the distribution of benthic foraminiferal assemblages in the Saltpan and Salt Lakes of Gulf of Saros. In: **Geophysical Research Abstracts**. 2007.
- BITTENCOURT, A. C. S. P.; OLIVEIRA, M. B.; DOMINGUEZ, J. M. L. Sergipe. In: **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- BOERSMA, A. Foraminifera. In: HAQ, Bi. U.; BOERSMA, A. **Introduction to Marine Micropaleontology**. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Science B.V, 1998. p.19-77.
- BOLTOVSKOY, E. et al. **Atlas of benthic shelf foraminifera of the Southwest Atlantic**. Hague: Dr. W. Junk Publishers, 1980.
- BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, David Bruce; MEDIOLI, F. S. Morphological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters: a review. **Journal of Paleontology**, v. 65, n. 02, p. 175-185, 1991.
- BONFANTE LANÇONE, R.; DULEBA, W.; MAHIQUES, M. M. Dinâmica de fundo da Enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, tafonomia de foraminíferos. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 8, n. 3, p. 181–192, 2005.
- BRADSHAW, J. S. Laboratory experiments in the ecology of foraminifera. **Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research**, v. 3, n. 12, p. 87–106, 1961.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, p. 605–612, 2004.
- BURONE, L. et al. Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 1, p. 61–73, 2006.
- BURONE, L.; PIRES-VANIN, A. M. S. Foraminiferal assemblages in Ubatuba Bay, South - Eastern Brazilian coast. **Scientia Marina**, v. 2, n. 70, p. 203–217, 2006.

- CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. **Canadian Environmental Quality Guidelines**. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002.
- CARVALHO, M. E. S.; FONTES, A. L. **Caracterização geomorfológica da zona costeira do estado de Sergipe**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. **Anais**. Goiânia: 2006
- CEARRETA, A. et al. Environmental transformation of the Bilbao estuary, N. Spain: Microfaunal and geochemical proxies in the recent sedimentary record. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 6, p. 487–503, 2002.
- CEARRETA, A. et al. Environmental transformation of the Bilbao estuary, N. Spain: Microfaunal and geochemical proxies in the recent sedimentary record. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 6, p. 487–503, 2002.
- COSTA, E. T. S. et al. Subproduto da indústria de alumínio como amenizante de solos contaminados com cádmio e chumbo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, 2008.
- COUTINHO, P. N. **Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil - Oceanografia Geológica/Projeto ReviZEE-MMA**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/levarte.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2016.
- CUSHMAN, J. A. A monograph of the foraminiferal family Nonionidae. **Geol. Surv. Prof. Paper US**, n. 191, p. 100, 1939.
- CUSHMAN, J. A. **Foraminifera, their classification and economic use**. Massachusetts: Harvard University Press, 1950.
- CUSHMAN, J. A. The foraminifera of the Atlantic Ocean, Part 7: Nonionidae, Camerinidae, Peneroplidae and Alveolinellidae. **Bulletin of the United States National Museum**, v. 7, n. 104, p. 1–79, 1930.
- CUSHMAN, J. A. The foraminifera of the Tropical Pacific collections of the “Albatross”, 1899–1900, Part 3: Heterohelicidae and Buliminidae. **Smithsonian Institution, US National Museum Bul**, n. 161, p. 67, 1942.

- DEBENAY, J. P. et al. Foraminiferal assemblages as bioindicators to assess potential pollution in mangroves used as a natural biofilter for shrimp farm effluents (New Caledonia). **Marine pollution bulletin**, v. 93, n. 1, p. 103-120, 2015.
- DEBENAY, J. P. et al. *Pararotalia cananeiaensis* n. sp.: indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coastal and paralic environments. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 31, n. 2, p. 152-163, 2001.
- 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. 8-12, n. 59, p. 311–322, 2009.
- DUARTE, R. P. SAEZ; PASQUAL, A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. **Energia na agricultura**, v. 15, n. 1, p. 46-58, 2000.
- DULEBA, W. et al. Qualidade dos sedimentos: resultados de granulometria, características biogeoquímicas e fauna de foraminíferos. In: **Relatório de monitoramento de emissários submarinos/CETESB**. São Paulo: CETESB, 2007. p. 71–111.
- DULEBA, W.; DEBENAY, J. P. Hydrodynamic circulation in the estuaries of estação ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. **Journal Foraminiferal Research**, v. 33, p. 62–93, 2003.
- DULEBA, W.; PETRI, S.; STEFFANI, C. J. Foraminíferos, tecamebas e ostracodes sub-recentes e fósseis do Quaternário do Brasil. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, v. 2, p. 1–24, 2003.
- EATON, A. D., et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: Centennial Edition**. Washington DC, USA: American Public Health Association, 2005.
- EICHLER, P. P. B. et al. Foraminifera as Environmental Condition Indicators in Todos os Santos Bay (Bahia, Brazil). **Open Journal of Ecology**, v. 5, n. 07, p. 326, 2015.
- EICHLER, P. P. B. et al. Foraminifera as indicators of marine pollutant contamination on the inner continental shelf of southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 1, p. 22–30, 2012.

- ELLIS, S. J.; MESSINA, A. R. Catalogue on foraminifera - The Micropaleontology Project, **Micropaleontology Press Inc.** New York: [http:// micropress.org/e_m.html](http://micropress.org/e_m.html), 1940.
- ELLISON, R. L.; BROOME, D.; OGILVIE, R. Foraminiferal response to heavy metal contamination in the Patapsco River and Baltimore Harbour, Maryland. **Marine Pollution Bulletin**, v. 17, n. 9, p. 419–423, 1986.
- ELSHANAWANY, R. et al. Anthropogenic Impact on Benthic Foraminifera, Abu-Qir Bay, Alexandria, Egypt. **The Journal of Foraminiferal Research**, v. 41, n. 4, p. 326–348, 2011.
- ERNST, S. R. et al. Benthic foraminiferal response to experimentally induced Erika oil pollution. **Marine Micropaleontology**, v. 61, p. 76–93, 2006.
- FATELA, F.; TABORDA, R. Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. **Marine Micropaleontology**, v. 45, n. 2, p. 169–174, 2002.
- FENDORF, S.; WIELINGA, B. W.; HANSEL, C. M. Chromium transformations in natural environments: the role of biological and abiological processes in chromium (VI) reduction. **International Geology Review**, v. 42, n. 8, p. 691-701, 2000.
- FLORIDA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION. **Approach to the Assessment of Sediment Quality in Florida Coastal Waters**. Vol. I. Environmental Sciences Ltd., Ladysmith, British Columbia, 1994.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, 1957.
- FONTES, A. L. et al. **Litoral sul do estado do Sergipe: condicionantes ambientais e erosão costeira**. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA - III Encontro do Quaternário Sulamericano. **Anais**. Armação dos Búzios: 2011. Disponível em: http://www.abequa.org.br/trabalhos/AMBIENTAIS_E_EROSAO_COSTEIRA_.pdf
- FONTES, A. L. et al. Geomorfologia da plataforma continental Sergipe-Alagoas. In: CARNEIRO, M. E. R. (Org.). **Geomorfologia da plataforma continental Sergipe-Alagoas**. São Cristóvão: Editora UFS, 2017.
- FRONTALINI, F. et al. Benthic foraminifera as bio-indicators of trace element pollution in the

heavily contaminated Santa Gilla lagoon (Cagliari, Italy). **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 6, p. 858–877, 2009.

FRONTALINI, F.; COCCIONI, R. Benthic foraminifera for heavy metal pollution monitoring: A case study from the central Adriatic Sea coast of Italy. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, n. 2, p. 404–417, 2008.

FURLEY, T. H. **Uso da Tríade como instrumento de avaliação da qualidade do sedimento no entorno do emissário submarino de uma fábrica de celulose**. 2006. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FURMAN, N. H. **Standard methods of chemical analysis**. Nova Iorque: D. van Nostrand, 1962.

GESAMP. **Joint group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection**. Disponível em: <<http://www.gesamp.org/>>. Acesso em: 7 jun. 2015.

GESLIN, E. et al. Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: Comparison between polluted and non-polluted areas. **Marine Micropaleontology**, v. 45, n. 2, p. 151–168, 2002.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H. Implementação de ecotecnologias rumo à ecologia industrial. **RAE-eletrônica**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2003.

GOLDSTEIN, S. T. Foraminifera: A Biological Overview. In: GUPTA, B. K. S. (Ed.). **Modern foraminifera**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 37-55.

GONTIJO, B.; BITTENCOURT, F. Arsenic: A historical review. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 80, n. 1, p. 91-95, 2005.

GUBITOSO, S. et al. Estudo geoambiental da região circunjacente ao emissário submarino de esgoto do Araçá, São Sebastião (SP). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 3, p. 467–475, 2008.

GUILHERME, L. R. G. et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos em Ciências do Solo**, v. 4, p. 345-390, 2005.

GUIMARÃES, C. R. P. **Composição e distribuição de sedimentos subsuperficiais e da fauna bêntica na plataforma continental de Sergipe**. 2010. 190 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar). Instituto de Geociências,

Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

- GUPTA, B. K. S.; PLATON, E. Tracking past sedimentary records of oxygen depletion in coastal waters: use of the Ammonia-Elphidium foraminiferal index. **Journal of Coastal Research**, p. 1351-1355, 2006.
- GUPTA, B. K. S.; TURNER, R. E.; RABALAIS, N. N. Seasonal oxygen depletion in continental-shelf waters of Louisiana: Historical record of benthic foraminifers. **Geology**, v. 24, n. 3, p. 227-230, 1996.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Paleontological Statistics Software: Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, 2001.
- HOFFMAN, A. J. Institutional evolution and change: Environmentalism and the US chemical industry. **Academy of management journal**, v. 42, n. 4, p. 351-371, 1999.
- HORTELLANI, M. A. et al. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos-São Vicente. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 10, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000/2008**. Brasília: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabpdf_esgot_san.shtm>. Acesso em: 10 out. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)**. Brasília: Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- ISO 14911:1998. **Water quality — Determination of dissolved Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺ and Ba²⁺ using ion chromatography — Method for water and waste water**. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14911:ed-1:v1:en>>. Acesso em 2 mar. 2017.
- ISO 16703:2004. **Soil quality - Determination of content of hydrocarbon in the range C10 to C40 by gas chromatography**, 2004.

- ISRAEL, A. U. et al. Effluents and Solid Waste Analysis in a Petrochemical Company-A Case Study of Eleme Petrochemical Company Ltd, Port Harcourt, Nigeria. **Journal of Chemistry**, v. 5, n. 1, p. 74-80, 2008.
- JONES, R. W. Biology, morphology and classification in:_____. **Foraminifera and their applications**. Londres: Natural History Museum, 2013. p. 13-73.
- KITAZATO, H. Foraminiferal microhabitats in four marine environments around Japan. **Marine Micropaleontology**, v. 24, n. 1, p. 29–41, 1994.
- LACERDA, L. D. et al. Mercury distribution in continental shelf sediments from two offshore oil fields in southeastern Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 72, n. 1, p. 178-185, 2004.
- LACERDA, L. D.; MARINS, R. V. Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. **Geochimica brasiliensis**, v. 20, n. 1, 2006.
- LE CADRE, V.; DEBENAY, J. P. Morphological and cytological responses of *Ammonia* (foraminifera) to copper contamination: Implication for the use of foraminifera as bioindicators of pollution. **Environmental Pollution**, v. 143, n. 2, p. 304–317, 2006.
- LEE, D. S.; GARLAND, J. A.; FOX, A. A. Atmospheric concentrations of trace elements in urban areas of the United Kingdom. **Atmospheric Environment**, v. 28, n. 16, p. 2691-2713, 1994.
- LEI, Y. L. et al. Responses of benthic foraminifera to the 2011 oil spill in the Bohai Sea, PR China. **Marine pollution bulletin**, v. 96, n. 1, p. 245-260, 2015.
- LEJZEROWICZ, F. et al. Molecular evidence for widespread occurrence of Foraminifera in soils. **Environmental microbiology**, v. 12, n. 9, p. 2518-2526, 2010.
- LEORRI, E. et al. Geochemical and microfaunal proxies to assess environmental quality conditions during the recovery process of a heavily polluted estuary: the Bilbao estuary case (N. Spain). **Science of the total environment**, v. 396, n. 1, p. 12-27, 2008.
- LISIECKI, L. E.; RAYMO, M. E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. **Paleoceanography**, v. 20, n. 1, 2005.

- LIU, Q. T. et al. Accumulation of metals, trace elements and semi-volatile organic compounds on exterior window surfaces in Baltimore. **Environmental Pollution**, v. 122, n. 1, p. 51-61, 2003.
- LIU, W. X. et al. Multivariate statistical study of heavy metal enrichment in sediments of the Pearl River Estuary. **Environmental Pollution**, v. 121, n. 3, p. 377-388, 2003.
- LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. Foraminiferal genera and their classification. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. Parte C, Protista, Sarcodina chiefly "Thecamoebians" and Foraminífera. In: MOORE, R. C. (Ed.) **Treatise on invertebrate paleontology**. New York: The University Kansas Press, 1964.
- LONG, E. R. et al. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. **Environmental management**, v. 19, n. 1, p. 81-97, 1995.
- LUDWIG, J. A.; REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology**. New York: John Wiley, 1988.
- MACHADO-DA-SILVA, C. L.; GUARIDO FILHO, E. R.; ROSSONI, L. Campos Organizacionais: Seis Diferentes Leituras e a Perspectiva de Estruturação. **Revista de Administração Contemporânea**, p. 159, 2006.
- MAGALHÃES, M. O. L. et al. Mobilidade de bário em solo tratado com sulfato de bário sob condição de oxidação e redução. **Química Nova**, v. 34, n. 9, p. 1544-1549, 2011.
- MAGURRAN, A. **Ecological diversity and its measurement**. Cambridge: British Library, 1988.
- MARTÍNEZ-COLÓN, M.I; HALLOCK, P.; GREEN-RUÍZ, C. Strategies for using shallow-water benthic foraminifers as bioindicators of potentially toxic elements: a review. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 39, n. 4, p. 278-299, 2009.
- MARTINS, M. V. A. et al. Organic matter quantity and quality, metals availability and foraminiferal assemblages as environmental proxy applied to the Bizerte Lagoon (Tunisia). **Marine pollution bulletin**, v. 105, n. 1, p. 161-179, 2016.
- MARTINS, V. et al. Tracing the late Holocene evolution of the NW Iberian upwelling system. **Marine Micropaleontology**, v. 59, p. 35-55, 2006.

- MEDEIROS DE ARAÚJO, T. C. et al. Alagoas. In: **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.
- MÜLLER, German. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins-Veränderungen seit 1971. **Umschau**, v. 79, n. 24, p. 778-783, 1979.
- MURRAY, J. W. Aspects of biology and basic ecology. In: _____. **Ecology and applications of benthic foraminifera**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. p. 27-60.
- MURRAY, J. W. **Ecology and paleoecology of benthic foraminifera**. London: Longman Scientific and Technical, 1991.
- NIGAM, R.; SARASWAT, R.; PANCHANG, R. Application of foraminifers in ecotoxicology: Retrospect, perspect and prospect. **Environment International**, v. 32, n. 2, p. 273–283, 2006.
- OLIVEIRA, T. de S. et al. Processo sedimentar atual e distribuição da matéria orgânica em um complexo estuarino tropical, Recife, PE, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, p. 399-412, 2014.
- PAWLOWSKI, J. et al. The evolution of early Foraminifera. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 20, p. 11494-11498, 2003.
- PEREIRA, S. F. et al. Estudo químico ambiental do rio Murucupi-Barcarena, PA, Brasil, área impactada pela produção de alumínio. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 2, n. 3, 2007.
- PETROBRAS. Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados (Fafen-SE). Disponível em <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/fabricas-de-ffertilizante/fabrica-de-fertilizantes-nitrogenados-fafen-se.htm>>. Acesso em: 08/06/2017.
- PETROBRAS. **Gerência de Avaliação e Monitoramento Ambiental – AMA**. Rio de Janeiro: CENPES, 2016. Não paginado.
- PETROBRAS. Nossas atividades - Terminal Aracaju. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/terminal-aracaju.htm>>. Acesso em: 25 jan. 2017.
- PETROBRAS. **Relatório de resultados do “Projeto de Monitoramento Ambiental do**

Emissário Submarino do Ativo de Produção Sergipe-Mar (PME)” (Projeto Thalassa/PETROBRÁS). 597pp. 2014.

PETROBRAS. **SMS/Geoprocessamento**. Aracaju: Petrobras, 2008. Não paginado.

POLETO, C.; MARTINEZ, L. L. G. Sedimentos urbanos: ambiente e água. **Holos Environment**, v. 11, n. 1, p. 01-15, 2011.

RAVICHANDRAN, M. et al. History of trace metal pollution in sabine-neches estuary, beaumont, Texas. **Environmental science & technology**, v. 29, n. 6, p. 1495, 1995.

ROCHA, D. et al. Poluição hídrica industrial na bacia hidrográfica do Rio Rergipe. In: **II Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju/SE**. Aracajú: INPE, 2004. Disponível em: <http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/uploads/Polui%C3%A7%C3%A3o_do_Rio_Sergipe.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

RODRIGUES-FILHO, S. et al. Evolução temporal da poluição por metais pesados em sedimentos do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro. **Rio de Janeiro, CETEM/MCT**, 2002.

SÁNCHEZ, L. H. Conceitos e definições. In: _____ (Ed.) **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SCHÖEDER, C. J.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? **Journal of Foraminifera Research**, v. 17, n. 2, p. 101–110, 1987.

SCHONFELD, J. et al. The FOBIMO (FORaminiferal BIo-MONitoring) initiative Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. **Marine Micropaleontology (Print)**, v. 94-95, p. 1–13, 2012.

SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S.; SCHAFFER, C. T. **Monitoring in Coastal Environments using Foraminifera and Thecamoebian Indicators**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Panorama da economia Sergipana**. Aracajú: Superintendência de Estudos e Pesquisas, 2014. Disponível em:

<http://www.observatorio.se.gov.br/images/PES/PES_11.2014.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. **Produto interno bruto do estado do Sergipe**. Aracajú: Superintendência de Estudos e Pesquisas, 2014. Disponível em: <http://observatorio.se.gov.br/images/PIB_Estadual/Relatorio_PIB_Sergipe_2014_vf.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SECRETARIA DO ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS. Comitê de Bacias hidrográficas. Aracajú: Site Oficial do Comitês de Bacias Hidrográficas de Sergipe. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php?id=20>>. Acesso em: 25 jan. 2017.

SEIGLIE, G. A. Foraminiferal assemblages as indicators of high organic carbon content in sediments and of polluted waters. **American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 52, n. 11, p. 2231–2241, 1968.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silty-clay ratios. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151-158, 1954.

SHORTLE, J.; HORAN, R. D. Policy Instruments for Water Quality Protection. **Annual Review of Resource Economics**, v. 5, n. 1, p. 111–138, 2013.

SIQUEIRA, G. W. et al. Evolução do impacto ambiental causado por matéria orgânica, mercúrio e arsênio nos sedimentos de fundo do sistema estuarino de Santos. **Geochimica Brasiliensis**, v. 18, n. 1, p. 54-63, 2012.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém-PA. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 51-62, 2013.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F. M. Distribuição de mercúrio total em sedimentos da Plataforma Continental Amazônica–Brasil. **Acta amazonica**, v. 42, n. 2, p. 259-268, 2012.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO SERGIPE. **Clima de Sergipe**. Disponível em:

<http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/index.php/macroplanejamento/bacias_hidrograficas/estadoClima/estado>. Acesso em: 7 maio. 2016.

SOUZA NETO, J. A.; SILVA, W. L. Geoquímica de sedimentos de fundo de drenagem em estuário tropical, nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 19, n. 1, p. 139, 2009.

STOFFERS, P. et al. Heavy metal pollution in Wellington Harbour. **New Zealand journal of marine and freshwater research**, v. 20, n. 3, p. 495-512, 1986.

STOUFF, V.; LESOURD, M.; DEBENAY, J. P. Laboratory observations on asexual reproduction (schizogony) and ontogeny of *Ammonia tepida* with comments on the life cycle. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 29, n. 1, p. 75–84, 1999.

SUBSECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS E SUSTENTÁVEIS. **Panorama energético de Sergipe 2014 – ano base 2012**. Aracajú: Secretaria de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2014. Disponível em: <<http://www.observatorio.se.gov.br/pesquisas-e-estudos/panorama-energetico-sergipe>>. Acesso em: 13 dez. 2016.

SUGIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blüncher/EDUSP, 1973.

SUMMERS, J. Kevin et al. Normalization of metal concentrations in estuarine sediments from the Gulf of Mexico. **Estuaries and Coasts**, v. 19, n. 3, p. 581-594, 1996.

SUTHERLAND, R. A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. **Environmental geology**, v. 39, n. 6, p. 611-627, 2000.

TEODORO, A. C. et al. Analysis of foraminifera assemblages and sediment geochemical properties to characterise the environment near Araçá and Saco da Capela domestic sewage submarine outfalls of São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 60, n. 4, p. 536-553, 2010.

TEODORO, A. C.; DULEBA, W.; GUBITOSO, S. Estudo Multidisciplinar (Geoquímica e Associações de Foraminíferos) para Caracterizar e Avaliar Intervenções Antrópicas na Baía do Araçá, Canal de São Sebastião, SP. **Geologia USP - Serie Científica**, v. 11, n. 1, p. 113–136, 2011.

TEODORO, A. C.; DULEBA, W.; LAMPARELLI, C. C. Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de

- Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 1, p. 79–94, 2009.
- 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, n. 2, p. 175-192, 1961.
- USEPA. **Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils**. Revision 2. Washington, DC, 1996a.
- USEPA. **Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry**. Revision 2. Washington, DC, 1996b.
- USEPA. **Non halogenated Organics Using Gc/Fid**. Revision 4. Washington, DC, 2003.
- USEPA. **SW-846 Test Method 9060A: Total Organic Carbon**. Revision 1. Washington, DC, 2004.
- USEPA. **Test Method 6010D: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-AES)**. Revision 1. Washington, DC, 2014.
- VILELA, C. G. et al. Benthic foraminifera distribution in high polluted sediments from Niterói Harbor (Guanabara Bay), Rio de Janeiro, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 76, n. 1, p. 161-171, 2004.
- WALTON, W. R. Techniques for recognition of living foraminifera. **Contribution of Cushman Foundation for Foraminiferal Research**, v. 3, p. 56–60, 1952.
- WINDOM, H. L. et al. Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States. **Environmental Science & Technology**, v. 23, n. 3, p. 314-320, 1989.
- YANKO, V.; AHMAD, M.; KAMINSKI, M. Morphological deformities of benthic foraminiferal tests in response to pollution by heavy metals: Implications for pollution monitoring. **Journal of Foraminiferal Research**, v. 23, n. October, p. 177–200, 1998.
- YANKO, V.; ARNOLD, A. J.; PARKER, W. C. Effects of marine pollution on benthic foraminifera. In: GUPTA, B. K. S. (Ed.). **Modern Foraminifera**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1999. p. 217–235.

- YANKO, V.; KRONFELD, J.; FLEXER, A. Response of benthic Foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. **The Journal of Foraminiferal Research**, v. 24, n. 1, p. 1–17, 1994.
- ZAYED, A. M.; TERRY, N. Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. **Plant and soil**, v. 249, n. 1, p. 139-156, 2003.

APÊNDICE I – Inventário da tanatocenose de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014.

Reino Protoctista

Filo Granuloreticulosa

Classe Foraminifera

Ordem Allogromiida

Família Allogromiidae

Blysmashaera sp.

Ordem Buliminida

Família Bolivinidae

Bolivina compacta (Sidebottom, 1905)

Bolivina doniezi (Cushman & Wickenden, 1929)

Bolivina ordinaria (Phleger & Parker, 1952)

Bolivina pseudoplicata (Heron-Allen & Earland, 1930)

Bolivina pulchella (d'Orbigny, 1839)

Bolivina spp.

Bolivina striatula (Cushman, 1922)

Bolivinellina translucens (Phleger & Parker, 1951)

Família Buliminidae

Bulimina marginata (d'Orbigny, 1826)

Família Buliminellidae

Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)

Família Cassidulinidae

Globocassidulina subglobosa (Brady, 1881)

Família Fursenkoinidae

Fursenkoina pontoni (Cushman, 1932)

Fursenkoina riggii (Boltovskoy, 1954)

Família Stainforthiidae

Stanforthia sp.

Família Siphogenerinoididae

Hopkinsina pacifica (Cushman, 1933)

Família Uvigerinidae

Angulogerina angulosa (Williamson, 1858)*Reussella spinulosa* (Reuss, 1850)*Reussella* sp.

Ordem Lituolida

Família Ammosphaeroidinidae

Cribrostomoides sp.

Família Lituolidae

Ammobaculites sp.*Ammotium salsum* (Cushman & Brönnimann, 1948)

Família Rzehakinidae

Miliammina fusca (Brady, 1870)

Família Trochamminidae

Lepidodeuterammina ochracea (Williamson, 1858)*Trochammina* spp.

Família Verneuilinidae

Caronia exilis (Cushman & Brönnimann, 1948)

Ordem Miliolida

Família Cornuspiridae

Cornuspira involvens (Reuss, 1850)

Família Fischerinidae

Wiesnerella auriculata (Egger, 1893)

Família Hauerinidae

Adelosina longirosta (d'Orbigny, 1839)

Flintina bradyana (Cushman, 1921)

Miliolinella sp.

Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803)

Quinqueloculina atlantica (Boltovskoy, 1957)

Quinqueloculina bicornis (Walker & Jacob, 1798)

Quinqueloculina bradyana (Cushman, 1917)

Quinqueloculina contorta (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina costata (d'Orbigny, 1878)

Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839

Quinqueloculina polygona (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina poyeana (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758)

Quinqueloculina sp.

Quinqueloculina vulgaris (d'Orbigny, 1826)

Triloculina oblonga (Montagu, 1803)

Triloculina sp.

Triloculina trigonula (Lamarck, 1804)

Família Spiroloculinidae

Spiroloculina sp.

Família Tubinellidae

Tubinella funalis (Brady, 1884)

Ordem Globigerinida

Família Globigerinidae

Globigerina bulloides (d'Orbigny, 1826)

Globigerinoides ruber (d'Orbigny, 1839)

Orbulina universa (d'Orbigny, 1839)

Família Globorotaliidae

Globorotalia inflata (d'Orbigny, 1839)

Ordem Lagenida

Família Ellipsolagenidae

Favulina hexagona (Williamson, 1848)

Família Lagenidae

Fissurina laevigata (Reuss, 1850)

Fissurina lucida (Williamson, 1848)

Fissurina semimarginata (Reuss, 1870)

Fissurina spp.

Lagena sp.

Lagena striata (d'Orbigny, 1839)

Reusoolina laevis (Montagu, 1803)

Família Nodosariidae

Lingulina sp.

Família Vaginulinidae

Amphicoryna scalaris (Batsch, 1791)

Lenticulina sp.

Ordem Rotaliida

Família Asterigerinatidae

Asterigerinata mamilla (Williamson, 1848)

Família Bagginidae

Cancris sagra (d'Orbigny, 1839)

Família Cibicididae

Lobatula lobatula (Walker & Jacob, 1798)

Cibicidoids pseudoungeriana (Cushman, 1931)

Cibicides spp.

Família Discorbidae

Rosalina floridana (Cushman, 1922)

Rosalina williamsoni (Chapman & Parr, 1932)

Discorbis spp.

Galvelinopsis praegeri (Heron-Allen & Earland, 1913)

Família Elphidiidae

Elphidium discoideale (d'Orbigny, 1839)

Criboelphidium excavatum (Terquem, 1875)

Criboelphidium poeyanum (d'Orbigny, 1826)

Família Eponididae

Eponides repandus (Fichtel & Moll, 1798)

Eponides sp.

Família Gavelinellidae

Hanzawaia boueana (d'Orbigny, 1846)

Gyroidina sp.

Família Glabrateliidae

Conorbella sp.

Família Nonionidae

Nonion spp.

Nonionoides grateloupii (d'Orbigny, 1836)

Pseudononion opima (Cushman, Phleger & Parker, 1951)

Nonionella atlantica (Cushman, 1936)

Família Rosalinidae

Neoconorbina terquemi (Rzehak, 1888)

Família Rotaliidae

Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)

Ammonia tepida (Cushman, 1926)

Pararotalia cananeaensis (Debenay, Duleba, Bonetti De
Melo e Souza & Eichler, 2001)

Família Siphoninidae

Siphonina sp.

Família Trichohyalidae

Buccella sp.

Ordem Spirillinida

Família Patellinidae

Patellina corrugata (Williamson, 1858)

Ordem Textulariida

Família Textulariidae

Textularia sp.

Ordem Trochamminida

Família Trochamminidae

Siphotrochamina sp.

APÊNDICE II – Pranchas com imagens de espécimes da tanatocenose obtidas por MEV.**PRANCHA 1**

1. *Ammonia tepida*, lado ventral. 30µm.
2. *Arcella* sp. 10µm.
3. *Asterigerinata mamila*, lado ventral. 10µm.
4. *Bolivina ordinaria*. 20µm.
5. *Bolivina pseudoplicata*. 20µm.
6. *Bolivina pulchella*. 20µm.
7. *Globocassidulina subglobosa*. 10µm.
8. *Cornuspira involvens*. 20µm.
9. *Cribr stomoides* sp. 20µm.
10. *Rosalina floridana*, lado ventral. 20µm.
11. *Discorbis* sp., lado ventral. 10µm.
12. *Cribr oelphidium poyeanum*, lado ventral. 20µm.
13. *Eponides repandus*. 10µm.
14. *Fissurina semimarginata*. 30µm.
15. *Flintina bradyana*. 100µm.
16. *Gavelinopsis praegeri*, lado espiral. 10µm.
17. *Gavelinopsis praegeri*, lado espiral. 20µm.
18. *Globigerina bulloides*. 20µm.
19. *Lagena striata*. 30µm.
20. *Lagena* sp. 20µm.

PRANCHA 2

21. *Lingulina* sp. 20µm.
22. *Miliamina fusca*. 20µm.
23. *Miliolinella* sp. 20µm.
24. *Neoconorbina terquemi*. 10µm
25. *Nonionoides grateloupii*, lado espiral. 20µm.
26. *Pararotalia cananeiaensis*, lado ventral. 20µm.
27. *Patelina corrugata*. 10µm.
28. *Quinqueloculina seminula* 20µm.
29. *Quinqueloculina laevigata*. 20µm.
30. *Adelosina longirosta*. 20µm.
31. *Quinqueloculina lamarckiana*. 20µm.
32. *Quinqueloculina polygona*. 30µm.
33. *Quinqueloculina seminula*. 20µm.
34. *Quinqueloculina trigonula*. 20µm.
35. *Textularia* sp. 30µm.
36. *Triloculina* sp. 20µm.
37. *Lepidodeuterammia orchacea*. 20µm.
38. *Tubinella funalis*. 30µm.
39. Jovem de *Ammonia*. 20µm.
40. Tintinídeo. 10µm.

APÊNDICE III – Inventário da biocenose de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014.

Reino Protoctista

Filo Granuloreticulosa

Classe Foraminifera

Ordem Buliminida

Família Bolivinidae

Bolivina compacta (Sidebottom, 1905)

Bolivina doniezi (Cushman & Wickenden, 1929)

Bolivina ordinaria (Phleger & Parker, 1952)

Bolivina pseudoplicata (Heron-Allen & Earland, 1930)

Bolivina pulchella (d'Orbigny, 1839)

Bolivina spp.

Bolivina striatula (Cushman, 1922)

Bolivinellina translucens (Phleger & Parker, 1951)

Família Buliminellidae

Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)

Família Cassidulinidae

Globocassidulina subglobosa (Brady, 1881)

Família Fursenkoinidae

Fursenkoina riggii (Boltovskoy, 1954)

Família Stanforthiidae

Stanforthia sp.

Família Uvigerinidae

Trifarina angulosa (Williamson, 1858)

Reussella spinulosa (Reuss, 1850)

Reussella sp.

Ordem Lituolida

Família Ammosphaeroidinidae

Cribrostomoides sp.

Cribrostomoides subglobosa

Família Lituolidae

Ammobaculites sp.

Família Verneuilinidae

Caronia exilis (Cushman & Brönnimann, 1948)

Ordem Miliolida

Família Cornuspiridae

Cornuspira involvens (Reuss, 1850)

Família Fischerinidae

Wiesnerella auriculata (Egger, 1893)

Família Hauerinidae

Adelosina longirosta (d'Orbigny, 1839)

Flintina bradyana (Cushman, 1921)

Quinqueloculina atlantica (Boltovskoy, 1957)

Quinqueloculina lamarckiana (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina polygona (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina poeyana (d'Orbigny, 1839)

Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758)

Quinqueloculina vulgaris (d'Orbigny, 1826)

Triloculina oblonga (Montagu, 1803)

Triloculina sp.

Triloculina trigonula (Lamarck, 1804)

Família Tubinellidae

Tubinella funalis (Brady, 1884)

Ordem Globigerinida

Família Globigerinidae

Fissurina semimarginata (Reuss, 1870)

Reussolina laevis (Montagu, 1803)

Orbulina universa (d'Orbigny, 1839)

Ordem Rotaliida

Família Asterigerinatidae

Cancris sagra (d'Orbigny, 1839)

Família Cibicididae

Cibicidoides pseudoungeriana (Cushman, 1931)

Lobatula lobatula (Walker & Jacob, 1798)

Família Discorbidae

Gavelinopsis praegeri (Heron-Allen & Earland, 1913)

Rosalina floridana (Cushman, 1922)

Rosalina williamsoni (Chapman & Parr, 1932)

Família Elphidiidae

Elphidium discoidale (d'Orbigny, 1839)

Criboelphidium excavatum (Terquem, 1875)

Criboelphidium poeyanum (d'Orbigny, 1826)

Família Eponididae

Eponides repandus (Fichtel & Moll, 1798)

Família Gavelinellidae

Gyroidina sp.

Família Glabrateliidae

Conorbella sp.

Família Nonionidae

Nonion spp.

Nonionella atlantica (Cushman, 1936)

Nonionoides grateloupii (d'Orbigny, 1836)

Pseudononion opima (Cushman, Phleger & Parker, 1951)

Família Rosalinidae

Neoconorbina terquemi (Rzehak, 1888)

Família Rotaliidae

Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny, 1839)

Ammonia tepida (Cushman, 1926)

Pararotalia cananeaensis (Debenay, Duleba, Bonetti De Melo e Souza & Eichler, 2001)

Ordem Spirillinida

Família Patellinidae

Patellina corrugata (Williamson, 1858)

Família Textulariidae

Textularia sp.

Textularia sagittula

APÊNDICE IV – Pranchas com imagens de espécimes da biocenose obtidas por MEV.**PRANCHA 3**

1. *Ammonia tepida*, lado dorsal. 30µm.
2. *Ammonia tepida*, lado ventral. 10µm.
3. *Ammonia parkinsoniana*, lado dorsal. 10µm.
4. *Ammonia parkinsoniana*, lado ventral. 10µm.
5. *Nonionoides grateloupii*. 20µm.
6. *Nonionella atlantica*. 10µm.
7. *Alliatinella differens*, forma juvenil. 10µm.
8. *Alliatinella differens*, forma juvenil. 10µm.
9. *Nonionella stella*. 10µm.
10. *Hopkinsina pacifica*. 20µm.
11. *Buliminella elegantissima*. 10µm.
12. *Quinqueloculina vulgaris*. 10µm.
13. *Triloculina oblonga*. 10µm.
14. *Quinqueloculina parvula*. 14µm.
15. *Quinqueloculina seminula*. 10µm.
16. *Bolivina striatula*. 10µm.
17. *Bolivina ordinaria*. 10µm.
18. *Bolivina ordinaria*. 20µm.
19. *Bolivina ordinaria*. 10µm.
20. *Bolivina pseudoplicata*. 20µm.

APÊNDICE V – Dados dos táxons de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014 para as estações do grupo experimental e controle

Tabela 15 – Dados dos táxons de foraminíferos coletados na campanha de fevereiro de 2014 para as estações do grupo experimental e controle

Estações	A1-R1			A1-R2			A1-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/8		1	1/16		1
Volume analisado	20		30	20		30	20		30
Fauna Total analisada	378		85	417		98	498		98
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	3024		3	3336		3	7968		3
Fauna de Mortos e de Vivos	368	10	85	398	19	98	396	102	98
Riqueza (n° espécies)	41	3	12	46	5	10	51	8	10
Diversidade Shannon (H')	2,157		1,145	2,308		1,474	2,026		1,474
Dominância de Simpson (D)	0,305		0,5444	0,254		0,3165	0,291		0,3165
Kruskal-Wallis Tanatocenose				H=3,396; p=0,0,138					
Kruskal-Wallis Biocenose				H=0,2901; p=0,72					
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	3			3			1		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	8			11			12		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	1								
Ammonia tepida	25		5	37	2	1	26	2	2
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla							1		
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	1					4	1		
Bolivina doniezi	2			3			1	4	4
Bolivina ordinaria	6		1	8			7	12	12
Bolivina pseudoplicata	7	1	1	9	1	1	9		
Bolivina pulchella	1			7			8		
Bolivina sp.	3			1			1		
Bolivina striatula			1				6		
Bolivinellina translucens	1			1			4		
Buccella sp.									
Bulimina marginata	2			1					
Buliminella elegantissima							1		
Cancris sagra									
Caronia exilis							1		
Cibicides sp.	2						1		
Cibicidoides pseudoungeriana			1	1			5		
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens				2			2		
Cribrorhaphidium excavatum				1			1		
Cribrorhaphidium poeyanum	7		2	4			18	4	4
Cribrorhaphidium sp.				2					
Cribrorhaphidium subglobosa									
Cycloforina contorta									
Discorbis sp.	1			1			2		
Elphidium discoidale									
Eponides repandus									
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	2						3		
Fissurina lucida				1					
Fissurina semimarginata		1		2					
Fissurina sp.									
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni	1			2					
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	5			8			8		
Globigerina bulloides									
Globigerinoides ruber	1								
Globocassidulina subglobosa	4			12			15		
Globorotalia inflata									
Gyroldina sp.									
Hanzawaia boueana	1						2		
Hopkinsina pacifica				1			1		
Lagena sp.							1		
Lagena striata									
Lenticulina sp.	1								
Lepidodeuterammia ochracea									
Lingulina sp.									
Lobatula lobatula	1		1						
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda				1			3		
Milioninella sp.				1			4		
Neonorbina terquemi				2					
Nonion sp.	1			2			2		
Nonionella atlantica	4		1	1		28	2		
Nonionoides grateloupii	15	8	62	13	13	46	21	38	38
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	196			189	1	1	13	8	8
Patellina corrugata	1						2		
Pseudononion opima		1	1	1	2	2	1	8	8
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	8			1			5		
Quinqueloculina poeyana									
Quinqueloculina polygona	7			6			1		
Quinqueloculina seminula	1			2			2		
Quinqueloculina sp.	1			4			6		
Quinqueloculina vulgaris									
Reussella sp.									
Reussella spinulosa	2			2			1		
Reussoolina laevis							2		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana				1			1		
Rosalina williamsoni				1			1		
Siphonina sp.							2		
Siphonochammina sp.									
Spiroloculina sp.							2		
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	4			3			6		
Trifarina angulosa	2			1			2		
Triloculina oblonga	2			5		1	1		
Triloculina sp.	2			1			5		
Triloculina trigonula	8			5			5		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	2			1			4		
Uni e Bisserial				1					
Wiesnerella auriculata	1			1			2		
Jovem de Ammonia	1		2	12		1	15		
Fragmentos miliolídeos	8			6			5		
Fragmentos rotalídeos	5			1			1		
Formas planctônicas	2			8			5		
Indeterminados	2		7			4	2		

Continua

Continuação									
Estações	A2-R1			A2-R2			A2-R3		
Fração analisada	1/4		1	1/8		1	1/2		1
Volume analisado	20		20	20		30	20		20
Fauna Total analisada	367		99	388		101	523		212
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1468		5	3104		3	1046		10,6
Fauna de Mortos e de Vivos	341	26	99	372	16	101	311	212	212
Riqueza (n° espécies)	40	4	10	50	6	13	43	11	11
Diversidade Shannon (H')	2,315		1,516	2,817		1,914	2,456		1,030
Dominância de Simpson (D)	0,242		0,3172	0,137		0,1973	0,178		0,5701
Kruskal-Wallis Tanatocenose				H=1,172; p=0,501					
Kruskal-Wallis Biocenose				H=0,373; p=0,745					
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	2			2			2		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	1			8		1	6		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana									
Ammonia tepida	38	2	14	43	2	15	33	2	2
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris	1								
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.	1								
Bolivina compacta			2	1		8	4	2	2
Bolivina doniezi	3			1			1	2	2
Bolivina ordinaria	7			9	1	1	12	2	2
Bolivina pseudoplicata	2	2	4	4	1	1	4		
Bolivina pulchella	7			11			15		
Bolivina sp.							1		
Bolivina striatula	2		1						
Bolivinellina translucens				1		1			
Buccella sp.							2		
Bulimina marginata	1								
Buliminella elegantissima				2			1		
Cancris sagra							1		
Caronia exilis							1	2	2
Cibicides sp.	2								
Cibicidoides pseudoungeriana	1			1					
Cornobella sp.	1			4					
Cornuspira involvens	3			4				2	2
Cribrroelphidium excavatum				1					
Cribrroelphidium poeyanum	8		1	9	2	2	1		
Cribrrostomoides sp.				2					
Cribrrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta							1		
Discorbis sp.				1			1		
Elphidium discoidale									
Eponides repandus									
Eponides sp.									
Favulina hexagona	2								
Fissurina laevigata	2			1			2		
Fissurina lucida	2						2		
Fissurina semimarginata	3					1	2		
Fissurina sp.									
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni	2			1					
Fursenkoina riggi							1	2	2
Gavelinopsis praegeri	3			6			8		
Globigerina bulloides	1								
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	2			4			6		
Globorotalia inflata				1			3		
Gyroidina sp.									
Hanzawaia boueana	3			1			1		
Hopkinsina pacifica				1					
Lagena sp.									
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea				2			5		
Lingulina sp.				3					
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	2			13					
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi							1		
Nonion sp.	3			6			5		
Nonionella atlantica			19	1		31		2	2
Nonionoides grateloupii	13	17	5	14	8	26	6	158	158
Orbulina universa			1	1					
Pararotalia cananeiaensis	162	5	5	124	2	2	116	14	14
Patellina corrugata									
Pseudononion opima	1			1			2	6	6
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	1			1			2		
Quinqueloculina poeyana									
Quinqueloculina polygona	8			8			4		
Quinqueloculina seminula	5			1			8		
Quinqueloculina sp.	1			1			1		
Quinqueloculina vulgaris	3			6			7		
Reussella sp.									
Reussella spinulosa	2			1			1		
Reussoolina laevis	1			6			1		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	2						1		
Rosalina williamsoni				1					
Siphonina sp.				4					
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.				1					
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.				1					
Trifarina angulosa							2		
Triloculina oblonga	6			9			3		
Triloculina sp.				1					
Triloculina trigonula	6			1			4		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis				1					
Uni e Bisserial							1		
Wiesnerella auriculata				1			1		
Jovem de Ammonia	8			19		7	1		
Fragmentos miliolídeos	5			1			5		
Fragmentos rotalínídeos	1			1			4		
Formas planctônicas	3			4			3		
Indeterminados	1		2	2		5			

Continua

Continuação									
Estações	B1-R1			B1-R2			B1-R3		
Fração analisada	1/4		1	1/4		1	1/4		1
Volume analisado	20		30	20		30	20		50
Fauna Total analisada	345		103	382		194	389		103
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1380		3	1528		6	1556		2
Fauna de Mortos e de Vivos	338	7	103	345	37	194	375	14	103
Riqueza (n° espécies)	54	3	15	39	6	15	43	5	18
Diversidade Shannon (H')	3,033		2,195	2,341		1,778	2,909		2,166
Dominância de Simpson (D)	0,115		0,1513	0,26		0,244	0,118		0,1899
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=2,018; p=0,308								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,8952; p=0,5085								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	1			1			1		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	14			12			19		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana						3			
Ammonia tepida	33		1	15		72	25		9
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	2		1	1		9			6
Bolivina doniezi									
Bolivina ordinaria	9	3	8	1	1	1	6	1	1
Bolivina pseudoplicata	6			12	2	2	1	1	1
Bolivina pulchella	6			12			26		
Bolivina sp.	2			1			1		
Bolivina striatula			2	2		1	5		2
Bolivinellina translucens	2		2		1	4	1		1
Buccella sp.	1			1			1		
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima	1								
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana	1					2			3
Cornobella sp.	1						1		
Cornuspira involvens	1			1			2		
Cribrorophidium excavatum	3		5	2					
Cribrorophidium poeyanum	9			6		1	12		
Cribrostomoides sp.									
Cribrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta	1			1					
Discorbis sp.	2						1		
Elphidium discoidale	1								5
Eponides repandus									
Eponides sp.	2								
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	5								
Fissurina lucida	4								
Fissurina semimarginata	2			3					
Fissurina sp.							3		
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni							1		
Fursenkoina riggi	1						1		
Gavelinopsis praegeri	9			12			9		
Globigerina bulloides	2								
Globigerinoides ruber	1			1					
Globocassidulina subglobosa	8			4			1		
Globorotalia inflata	1								
Gyroidina sp.									
Hanzawaia boueana	5			5			4		
Hopkinsina pacifica			2						1
Lagena sp.				1					
Lagena striata	1			1			1		
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea	1						1		
Lingulina sp.							3		
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	1			1			2		
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi	5						2		
Nonion sp.	2			2			6		
Nonionella atlantica	2		24	8		6	9		38
Nonionoides grateloupii	15	3	26	1	6	56	18	7	19
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	1			16	25	25	115	2	2
Patellina corrugata									
Pseudononion opima					2	2		3	3
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata	1			1					
Quinqueloculina lamarckiana	2			1			8		
Quinqueloculina poeyana	1								
Quinqueloculina polygona	7			6			6		
Quinqueloculina seminula	4	1	1	4			1		
Quinqueloculina sp.	2			1			4		
Quinqueloculina vulgaris	7			11			4		
Reussella sp.	3			1			1		
Reussella spinulosa									1
Reussoolina laevis	1						2		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	1								
Rosalina williamsoni	1		1	2			3		
Siphonina sp.				2			1		
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.									
Stainforthia sp.	3								
Textularia sagittula									
Textularia sp.	1			3			2		2
Trifarina angulosa							1		
Triloculina oblonga	6		3	7			5		2
Triloculina sp.	1		1						
Triloculina trigonula	7			6			7		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis				2			2		
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	11		2	3		9	15		2
Fragmentos miliolídeos	1			5			4		
Fragmentos rotalínídeos				4					
Formas planctônicas	4			1			2		
Indeterminados	3		6	1		1	3		5

Continua

Continuação									
Estações	B2-R1			B2-R2			B2-R3		
Fração analisada	1/4		1	1/4		1	1/2		1
Volume analisado	20		30	20		20	20		20
Fauna Total analisada	412		229	500		196	565		234
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1648		8	2000		10	1130		12
Fauna de Mortos e de Vivos	364	48	229	304	196	196	331	234	234
Riqueza (n° espécies)	46	5	12	47	8	8	47	8	8
Diversidade Shannon (H')	2,919		1,455	2,520		0,7353	2,362		0,9022
Dominância de Simpson (D)	0,111		0,3218	0,18		0,6916	0,201		0,6063
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=0,052; p=0,971								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,03731; p=0,9678								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.							1		
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1									
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	11			12			11	2	2
Ammobaculites sp.	1								
Ammonia parkinsoniana			2						
Ammonia tepida	25	5	18	16	16	16	15	24	24
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris				1					
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	6								
Bolivina doniezi				1			1		
Bolivina ordinaria	7			6	6	6	7	6	6
Bolivina pseudoplicata	7	2	2	7	2	2	8	2	2
Bolivina pulchella	21			7			13		
Bolivina sp.	4			2			4		
Bolivina striatula				2				4	4
Bolivinellina translucens	2		1	2					
Buccella sp.									
Bulimina marginata							1		
Buliminella elegantissima	4						2		
Cancris sagra							5		
Caronia exilis	1								
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana			5				1		
Cornobella sp.	2			2			2		
Cornuspira involvens	3			3			5		
Cribroelphidium excavatum	1			2					
Cribroelphidium poeyanum	7			6			5		
Cribrrostomoides sp.							1		
Cribrrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta				2			2		
Discorbis sp.	4						2		
Elphidium discoidale			4	1					
Eponides repandus									
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata									
Fissurina lucida									
Fissurina semimarginata	2			2			1		
Fissurina sp.				2					
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni									
Fursenkoina riggi	1				2	2			
Gavelinopsis praegeri	5			1			2		
Globigerina bulloides							2		
Globigerinoides ruber							1		
Globocassidulina subglobosa	12			8			8		
Globorotalia inflata	1			2					
Gyroidina sp.									
Hanzawaia boueana	4			1					
Hopkinsina pacifica			1						
Lagena sp.				1					
Lagena striata									
Lenticulina sp.	2			2			1		
Lepidodeuterammina ochracea	3			2			1		
Lingulina sp.	2						1		
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca							1		
Miliolinella subrotunda				2					
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi							3		
Nonion sp.	9			1	2	2	5		
Nonionella atlantica	7		99	8			8		
Nonionoides grateloupii	15	36	81	11	162	162	22	18	18
Orbulina universa	1								
Pararotalia cananeaensis	11	1	1	15	2	2	126	4	4
Patellina corrugata							1		
Pseudononion opima		4	4	2	4	4	2	12	12
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata				1					
Quinqueloculina lamarckiana	1			6			3		
Quinqueloculina poeyana	1			2					
Quinqueloculina polygona	5			11			5		
Quinqueloculina seminula	7			7			3		
Quinqueloculina sp.	2			1			1		
Quinqueloculina vulgaris	8			6			1		
Reussella sp.	3			1			2		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis									
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	1			2					
Rosalina williamsoni	1			1			2		
Siphonina sp.				3					
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.							1		
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.							1		
Trifarina angulosa				1			1		
Triloculina oblonga	4			6			1		
Triloculina sp.	1								
Triloculina trigonula	7			1			5		
Trochammina sp.	2								
Tubinella funalis	1						2		
Uni e Bisserial	1			1					
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	25			6			17		
Fragmentos miliolídeos	4			6			6		
Fragmentos rotalinídeos	3						4		
Formas planctônicas	4			2			5		
Indeterminados	3		11				1		

Continua

Continuação										
Estações	B3-R1			B3-R2			B3-R3			
Fração analisada	1/4		1	1/4		1	1/4		1	
Volume analisado	20		30	20		50	20		20	
Fauna Total analisada	371		160	353		156	420		104	
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1484		5	1412		3	1680		5,2	
Fauna de Mortos e de Vivos	336	35	160	345	8	156	316	104	104	
Riqueza (nº espécies)	47	6	20	47	5	20	47	8	8	
Diversidade Shannon (H')	2,818		1,916		2,652		2,362		0,9897	
Dominância de Simpson (D)	0,146		0,2331		0,186		0,1206		0,274	
Kruskal-Wallis Tanatocenose					H=0,116; p=0,935					
Kruskal-Wallis Biocenose					H=0,4288; p=0,4288					
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*	
Thecamoeba										
Arcella sp.										
Centropyxis sp.										
Tintinnidea										
Tintinnidea sp1	1			1			1			
Foraminifera										
Adelosina bicornis				1						
Adelosina longirostra	13			9			11			
Ammobaculites sp.										
Ammonia parkinsoniana	3		1				3			
Ammonia tepida	17	3	14	29	1	26	19	2	2	
Ammotium salsum										
Amphicoryna scalaris										
Asterigerinata mamilla										
Blysmasphaera sp.							1			
Bolivina compacta	2		5	1		24	1			
Bolivina doniezi				2						
Bolivina ordinaria	11	2	2	4	2	16	6	1	1	
Bolivina pseudoplicata	8			7			4			
Bolivina pulchella	11	1	1	14			12	1	1	
Bolivina sp.				2			1			
Bolivina striatula	1		12	3		28	2			
Bolivinellina translucens	1			2		3	1			
Buccella sp.										
Bulimina marginata										
Buliminella elegantissima										
Cancris sagra										
Caronia exilis										
Cibicides sp.										
Cibicidoides pseudoungeriana										
Cornobella sp.										
Cornuspira involvens										
Cornuspira involvens	1			4			2			
Criboelphidium excavatum	4		1	1			1			
Criboelphidium poeyanum	4	1	1	8			6	1	1	
Cribrastomoides sp.				1			1			
Cribrastomoides subglobosa						1				
Cycloforina contorta	2			3			3			
Discorbis sp.	1			1			1			
Elphidium discoideale	1		2			7	1			
Eponides repandus										
Eponides sp.										
Favulina hexagona										
Fissurina laevigata	2									
Fissurina lucida	2						1			
Fissurina semimarginata	1						1			
Fissurina sp.										
Flintina bradyana				1		1				
Fursenkoina pontoni							1			
Fursenkoina riggi										
Gavelinopsis praegeri	1			3			6	1	1	
Globigerina bulloides	3			2			1			
Globigerinoides ruber										
Globocassidulina subglobosa	8			2	1	1	9			
Globorotalia inflata										
Gyroidina sp.										
Hanzawaia boueana										
Hopkinsina pacifica			1	1		1	5			
Lagenina sp.							1			
Lagenina striata				1			1			
Lenticulina sp.										
Lenticulina sp.				1			1			
Lepidodeuterammina ochracea	1						1			
Lingulina sp.										
Lingulina sp.	2			1						
Lobatula lobatula										
Miliammina fusca										
Miliolinella subrotunda	1			1						
Milionella sp.										
Milionella sp.	1									
Neoconorbina terquemi	3									
Nonion sp.										
Nonion sp.	3						3			
Nonionella atlantica	3		57	3		2	5			
Nonionoides grateloupii	3	27	48	1	3	8	9	22	22	
Orbulina universa										
Orbulina universa										
Pararotalia cananeiaensis	127			142			143	71	71	
Patellina corrugata										
Pseudononion opima		1	1					5	5	
Quinqueloculina atlantica										
Quinqueloculina atlantica				1						
Quinqueloculina bradyana				1						
Quinqueloculina costata	2			1			1			
Quinqueloculina lamarckiana	4		1	1			4			
Quinqueloculina poeyana	1			1						
Quinqueloculina polygona	5			12	1	1	6			
Quinqueloculina seminula	17			6			1			
Quinqueloculina sp.	6			8			4			
Quinqueloculina vulgaris	2		2	4		1	3			
Reussella sp.										
Reussella sp.	1						2			
Reussella spinulosa										
Reussella spinulosa						1				
Reussoolina laevis										
Rolshauseni rolshauseni										
Rosalina floridana	1			1			3			
Rosalina williamsoni							2			
Siphonina sp.										
Siphonochammina sp.										
Siphonochammina sp.										
Spiroloculina sp.	1			1						
Stainforthia sp.										
Stainforthia sp.										
Textularia sagittula						2				
Textularia sp.										
Textularia sp.	2			3		2				
Trifarina angulosa										
Trifarina angulosa										
Triloculina oblonga	8		4	6		1	5			
Triloculina sp.										
Triloculina sp.	2			5						
Triloculina trigonula	8		1	6			6			
Trochammina sp.										
Trochammina sp.										
Tubinella funalis										
Tubinella funalis	3									
Uni e Bisserial										
Uni e Bisserial	1									
Wiesnerella auriculata										
Wiesnerella auriculata										
Jovem de Ammonia	1		1	1			12			
Fragmentos miliolídeos										
Fragmentos miliolídeos	6			3						
Fragmentos rotalinídeos										
Fragmentos rotalinídeos	3			1			1			
Formas planctônicas										
Formas planctônicas	2			2						
Indeterminados										
Indeterminados	1		2	1		2				

Continua

continuação									
Estações	B4-R1			B4-R2			B4-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/8		1	1/8		1
Volume analisado	20		20	20		70	20		30
Fauna Total analisada	527		103	377		107	396		170
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	4216		5,15	3016		2	3168		6
Fauna de Mortos e de Vivos	424	103	103	375	2	107	364	32	170
Riqueza (n° espécies)	48	6	6	41	2	12	40	2	9
Diversidade Shannon (H')	2,703		0,4211	2,642		1,496	2,612		1,27
Dominância de Simpson (D)	0,145		0,835	0,175		0,3599	0,151		0,3756
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=1,573; p=0,389								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,09287; p=0,8956								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	1			1			2		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	8			8			12		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	3			3		8			
Ammonia tepida	21	4	4	23	1	6	28	2	13
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	3			3		4	1		3
Bolivina doniezi									
Bolivina ordinaria	11	1	1	1	1	2	12		
Bolivina pseudoplicata	13	2	2	8			9		1
Bolivina pulchella									
Bolivina sp.				1					
Bolivina striatula	1			1		1	2		
Bolivinellina translucens	4			4		1			
Buccella sp.									
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima							1		
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.	1								
Cibicidoides pseudoungeriana									
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens	3			1			1		
Cribroelphidium excavatum									
Cribroelphidium poeyanum	7			11			8		
Cribrostomoides sp.									
Cribrostomoides subglobosa	3								
Cycloforina contorta									
Discorbis sp.	2			2					
Elphidium discoidale									
Eponides repandus	1								3
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	1			3			3		
Fissurina lucida	2						2		
Fissurina semimarginata				3					
Fissurina sp.	3						2		
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni									
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	14			5			4		
Globigerina bulloides									
Globigerinoides ruber				1			1		
Globocassidulina subglobosa									
Globorotalia inflata	11			7			1		
Gyroldina sp.									
Hanzawaia boueana	1			1			1		
Hopkinsina pacifica	2					1	1		
Lagena sp.									
Lagena striata									
Lenticulina sp.	1			1					
Lepidodeuterammina ochracea									
Lingulina sp.	1			1			1		
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	3								
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi	2								
Nonion sp.									
Nonionella atlantica	15			8			1		
Nonionoides grateloupii						5			9
Orbulina universa	25	94	94	2		2	3	3	5
Pararotalia cananeaiaensis									
Patellina corrugata	147			146			13		
Pseudononion opima									
		1	1	3			2		
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	5			3			3		
Quinqueloculina poeyana	1			1			2		
Quinqueloculina polygona	5			11			4		
Quinqueloculina seminula	5			1			1		
Quinqueloculina sp.	6			5			3		
Quinqueloculina vulgaris	6			9			7		
Reussella sp.									
Reussella spinulosa	1			2			6		
Reussoolina laevis									
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	5			3			3		
Rosalina williamsoni	7			1			2		
Siphonina sp.									
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.	1			1			1		
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula	1					1			
Textularia sp.	5			4		2	2		1
Trifarina angulosa							1		
Triloculina oblonga	8			3			3		1
Triloculina sp.	1						2		
Triloculina trigonula	14	1	1	5			9		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis				1			1		
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	15			18			22		
Fragmentos miliolídeos	5			1			4		
Fragmentos rotalinídeos	1			5					
Formas planctónicas	5			2			2		
Indeterminados	1					2			8

Continuação									
Estações	C1-R1			C1-R2			C1-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/8		1	1/16		1
Volume analisado	20		30	20		30	20		50
Fauna Total analisada	408		105	375		120	349		192
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	3264		4	3000		4	5584		4
Fauna de Mortos e de Vivos	395	13	105	338	37	120	339	10	192
Riqueza (n° espécies)	55	2	11	40	3	7	41	5	14
Diversidade Shannon (H')	3,028		1,402	2,528		1,199	2,605		1,301
Dominância de Simpson (D)	0,106		0,3838	0,169		0,3704	0,17		0,4613
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=4,180; p=0,086								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,1847; p=0,8032								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1				4			2		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	9			11			8		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	1		3				1		
Ammonia tepida	41		2	31	6	18	28		9
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris	1								
Asterigerinata mamilla									
Blymasphaera sp.									
Bolivina compacta	2		1	1					1
Bolivina doniezi	3			1			1		
Bolivina ordinaria	14			2					
Bolivina pseudoplicata	7			11			12		
Bolivina pulchella	2			8			13		
Bolivina sp.									
Bolivina striatula	2	1	1	1			1		
Bolivinellina translucens				2			4		1
Buccella sp.				1					
Bulimina marginata	1						1		
Buliminella elegantissima	2								
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana	2						1		2
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens	6			2			3		
Cribrroelphidium excavatum	4			1					
Cribrroelphidium poeyanum	17			8			15	1	1
Cribrrostomoides sp.	1			2					
Cribrrostomoides subglobosa									2
Cycloforina contorta							1		
Discorbis sp.	5								
Elphidium discoidale	1		5			2	3		13
Eponides repandus				1					
Eponides sp.									
Favulina hexagona	1								
Fissurina laevigata	1						1		
Fissurina lucida	1						1		
Fissurina semimarginata				1			1		
Fissurina sp.									
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni	1						2		
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	7			9			6		
Globigerina bulloides									
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	18			7			1		
Globorotalia inflata									
Gyroidina sp.									
Hanzawaia boueana	6			5			5		
Hopkinsina pacifica	1			1					2
Lagena sp.	2								
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea	1			1					
Lingulina sp.	3			3			1		
Lobatula lobatula						1			
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	3			2			1		
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi	3		1				1		
Nonion sp.	8			1			2		
Nonionella atlantica	1		61			62		1	127
Nonionoides grateloupii	15	12	2	26	26	34	17	6	24
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaiaensis	113			133			13		
Patellina corrugata	3								
Pseudononion opima	5				5			1	1
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	3			2			2		
Quinqueloculina poeyana				1					
Quinqueloculina polygona	9			1			8		
Quinqueloculina seminula	2			6			1		
Quinqueloculina sp.	1			4			1		
Quinqueloculina vulgaris	2			2			7		
Reussella sp.				1			4		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis	1						1		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	3			2			3		
Rosalina williamsoni	3			1			1		
Siphonina sp.	1								
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.	1								
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	2			5		1	1		2
Trifarina angulosa	4								
Triloculina oblonga	3		1	2			1		
Triloculina sp.	2			1					
Triloculina trigonula	5			6			4		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	1								
Uni e Bisserial							1		
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	16		2	15			16	1	2
Fragmentos miliolídeos	1			6			7		
Fragmentos rotalínídeos	2			1			1		
Formas planctônicas	1			1			1		
Indeterminados			8			2			5

Continua

Continuação									
Estações	C2-R1			C2-R2			C2-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/16		1	1/8		1
Volume analisado	20		50	20		30	20		20
Fauna Total analisada	352		100	305		269	477		99
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	2816		2	4880		9	3576		4,95
Fauna de Mortos e de Vivos	330	22	100	284	21	269	348	99	99
Riqueza (n° espécies)	44	5	14	44	4	11	54	9	9
Diversidade Shannon (H')	2,789		1,731	2,759		1,077	2,831		1,131
Dominância de Simpson (D)	0,138		0,2726	0,151		0,4245	0,128		0,5172
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=2,211; p=0,0,283								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,4271; p=0,6707								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	2								
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	17			9			1		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	2								
Ammonia tepida	3	3	1	2		1	25	7	7
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla							1		
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta			4	1		2	1		
Bolivina doniezi				1					
Bolivina ordinaria	7	1	1	6			8	2	2
Bolivina pseudoplicata	13			1	2	2	1	2	2
Bolivina pulchella	6			8			1	2	
Bolivina sp.	1							1	1
Bolivina striatula	1		3	1			1		2
Bolivinellina translucens	4		1	1			1		
Buccella sp.	1			1			1		
Bulimina marginata							2		
Buliminella elegantissima							1		
Cancris sagra							1		
Caronia exilis		1	1					1	1
Cibicides sp.				1					
Cibicidoides pseudoungeriana				2		1	1		
Cornobella sp.	1			2			1		
Cornuspira involvens	2						6		
Cribrorophidium excavatum	2						2		
Cribrorophidium poeyanum	4			5			5		
Cribrostomoides sp.									
Cribrostomoides subglobosa			1						
Cycloforina contorta									
Discorbis sp.	1			3			2		
Elphidium discoidale			6			1			
Eponides repandus									
Eponides sp.	1			1					
Favulina hexagona				1					
Fissurina laevigata	1						1		
Fissurina lucida	1						2		
Fissurina semimarginata				1			2		
Fissurina sp.							2		
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni				2			1		
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	7			8			7		
Globigerina bulloides							1		
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	8			7			8		
Globorotalia inflata									
Gyroidina sp.							1		
Hanzawaia boueana	3						1		
Hopkinsina pacifica	1			1			2		
Lagena sp.									
Lagena striata									
Lenticulina sp.				1			1		
Lepidodeuterammina ochracea	1						1		
Lingulina sp.	1			3			2		
Lobatula lobatula				3			1		
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	2			1			1		
Milioninella sp.									
Neoonorbina terquemi	2						2		
Nonion sp.	4			4			11		
Nonionella atlantica	3		45			11			
Nonionoides grateloupii	11	16	23	17	15	136	26	7	7
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	116			14	2	2	16	9	9
Patellina corrugata							2		
Pseudononion opima	1	1	1	1	2	2		5	5
Quinqueloculina atlantica				2			2		
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	4			2			3		
Quinqueloculina poeyana									
Quinqueloculina polygona	12			9			5		
Quinqueloculina seminula	4			4			9		
Quinqueloculina sp.	1			2			1		
Quinqueloculina vulgaris	1			1			5		
Reussella sp.	3						1		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis							1		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	6			3					
Rosalina williamsoni	2			2			6		
Siphonina sp.				1					
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.				3			6		
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	6		1	5		1			
Trifarina angulosa									
Triloculina oblonga	5		1	3			7		
Triloculina sp.							1		
Triloculina trigonula	9			6			5		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis									
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata	1								
Jovem de Ammonia	15			8			21		
Fragmentos miliolídeos	5			4			3		
Fragmentos rotalínídeos				2			1		
Formas planctônicas									
Indeterminados	1		2	1		2	1		

Continua

Continuação									
Estações	C3-R1			C3-R2			C3-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/2		1	1/2		1
Volume analisado	20		50	20		110	20		110
Fauna Total analisada	359		119	330		32	353		119
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	2872		2	660		0	706		1
Fauna de Mortos e de Vivos	341	18	119	326	4	32	345	8	119
Riqueza (n° espécies)	46	3	16	41	4	9	49	2	12
Diversidade Shannon (H')	2,562		2,014	2,577		1,786	2,912		1,667
Dominância de Simpson (D)	0,199		0,191	0,19		0,2402	0,125		0,2523
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=0,948; p=0,572								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=2,176; p=0,0391*								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1				1			1		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	15		1	7			16		
Ammobaculites sp.			2						
Ammonia parkinsoniana	2			2			3		
Ammonia tepida	25	6	35	34	1	14	17		23
Ammotium salsum							1		
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla	1						1		
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta			11			4			
Bolivina doniezi									
Bolivina ordinaria	5	2	6	8	1	3	1		1
Bolivina pseudoplicata	7			7	1	1	4		1
Bolivina pulchella	11			7			18		
Bolivina sp.				1					
Bolivina striatula	1		3	1		1			2
Bolivinellina translucens									
Buccella sp.									
Bulimina marginata				1					
Buliminella elegantissima									
Cancris sagra									
Caronia exilis							1		
Cibicides sp.	1								
Cibicidoides pseudoungeriana	2		1				1		
Cornobella sp.							1	1	1
Cornuspira involvens	2			1			8		
Cribrorophidium excavatum	1						3		
Cribrorophidium poeyanum	7			7			1		
Cribrostomoides sp.	1			1			2		
Cribrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta	1			2			1		
Discorbis sp.							1		
Elphidium discoidale	1		3	1		2	1		7
Eponides repandus	1			1			3		
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	2			1					
Fissurina lucida	1			2					
Fissurina semimarginata	2			1			1		
Fissurina sp.									
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni	2						1		
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	5			5			3		
Globigerina bulloides	1						2		
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	4			6			7		
Globorotalia inflata							1		
Gyroïdina sp.									
Hanzawaia boueana	1			1					
Hopkinsina pacifica									
Lagena sp.				1					
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea									
Lingulina sp.				1			1		
Lobatula lobatula									1
Miliammina fusca							1		
Miliolinella subrotunda	2			1			2		
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi	1						2		
Nonion sp.	4			3			3		
Nonionella atlantica	5		13	5			5		29
Nonionoides grateloupïi	18	1	33	12	1	3	15	7	46
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaïensis	149			135			111		
Patellina corrugata									
Pseudononion opima	3			2			2		
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana				1					
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	4			5			2		
Quinqueloculina poeyana	1		1						
Quinqueloculina polygona	3			7			9		
Quinqueloculina seminula	4			1			2		
Quinqueloculina sp.				1			2		
Quinqueloculina vulgaris	4		1	1			9		
Reussella sp.							1		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis									
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	3			6			5		
Rosalina williamsoni	2			1			2		
Siphonina sp.							1		
Siphotrochamina sp.							1		
Spiroloculina sp.	2								
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	9		6	7		3	2		5
Trifarina angulosa			1						
Triloculina oblonga	7		1	6		1	14		2
Triloculina sp.	1								
Triloculina trigonula	5			11			13		
Trochammina sp.							1		
Tubinella funalis									
Uni e Bisserial	1								
Wiesnerella auriculata									1
Jovem de Ammonia	4			11			15		
Fragmentos miliolídeos	2						4		
Fragmentos rotalínídeos	4			1			1		
Formas planctônicas							2		
Indeterminados	1		1	1					

Continua

Continuação									
Estações	C4-R1			C4-R2			C4-R3		
Fração analisada	1/2		1	1/4		1	1/2		1
Volume analisado	20		90	20		50	20		90
Fauna Total analisada	316		109	329		103	315		108
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	632		1	1316		2	630		1
Fauna de Mortos e de Vivos	307	9	109	303	26	103	285	30	108
Riqueza (n° espécies)	39	4	16	46	6	12	42	6	13
Diversidade Shannon (H')	2,706		2,028	2,822		1,867	2,610		1,778
Dominância de Simpson (D)	0,164		0,2093	0,127		0,2022	0,159		0,2303
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=0,393; p=0,787								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,2276; p=0,7526								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	1			3					
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	13			11			18		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	5								
Ammonia tepida	22	3	43	26	2	3	25	3	21
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta			3	2		7			3
Bolivina doniezi									
Bolivina ordinaria	1	2	5	12	1	3	1	1	1
Bolivina pseudoplicata	7			11	1	1	7		
Bolivina pulchella	6			9			1		
Bolivina sp.	2								
Bolivina striatula			7	1					1
Bolivinellina translucens			3			2			
Buccella sp.									
Bulimina marginata				2			1		
Buliminella elegantissima			1						
Cancris sagra							1		
Caronia exilis		1	1						
Cibicides sp.							1		
Cibicidoides pseudoungeriana									
Cornobella sp.				1			1		
Cornuspira involvens	3			4			1		
Criboelphidium excavatum							2		
Criboelphidium poeyanum	8			5			4		
Cribrostomoides sp.				1			1		
Cribrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta	1			1					
Discorbis sp.	3			1			2		
Elphidium discoidale			2	1		8			5
Eponides repandus	1			1			1		
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata				1			1		
Fissurina lucida				1			1		
Fissurina semimarginata	1								
Fissurina sp.									
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni				1					
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	6			5			4		
Globigerina bulloides	2			2			2		
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	5			5			4	1	1
Globorotalia inflata									
Gyroïdina sp.									
Hanzawaia boueana	2			1			4		
Hopkinsina pacifica			1	3		1	1		
Lagena sp.									
Lagena striata									
Lenticulina sp.							1		
Lepidodeuterammina ochracea	1								
Lingulina sp.				3			1		
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca	1								
Miliolinella subrotunda	5			4			2		
Milioninella sp.							1		
Neoconorbina terquemi				1					
Nonion sp.	1			3			2		
Nonionella atlantica			18			18			31
Nonionoides grateloupïi	13	3	13	27	19	28	15	22	35
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	117			96	2	2	11	2	2
Patellina corrugata									
Pseudononion opima	3						1	1	1
Quinqueloculina atlantica	1								
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata				1					
Quinqueloculina lamarckiana	1			3			8		
Quinqueloculina poeyana				1					
Quinqueloculina polygona	7			6			1		
Quinqueloculina seminula	6			5			4		
Quinqueloculina sp.	2			1			1		
Quinqueloculina vulgaris	7		1	7			9		
Reussella sp.	3			6					
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis							2		
Rolshauseni rolshauseni	1								
Rosalina floridana	3			4			2		
Rosalina williamsoni	2			1			1		
Siphonina sp.									
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.									
Stainforthia sp.				2					
Textularia sagittula									
Textularia sp.	8		6	3		2	3		3
Trifarina angulosa				1					
Triloculina oblonga	6		1	6	1	1	5		
Triloculina sp.									
Triloculina trigonula	5			6			1		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	4								
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	5		2	5			3		2
Fragmentos miliolídeos	7			2			1		
Fragmentos rotalínídeos	1								
Formas planctônicas				1					
Indeterminados			2						2

Continua

Continuação									
Estações	D1-R1			D1-R2			D1-R3		
Fração analisada	1/4		1	1/4		1	1/2		1
Volume analisado	20		50	20		50	20		30
Fauna Total analisada	374		115	371		95	340		143
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1496		2	1484		2	680		5
Fauna de Mortos e de Vivos	351	23	115	364	7	95	307	33	143
Riqueza (n° espécies)	56	4	13	50	5	15	41	5	10
Diversidade Shannon (H')	2,838		1,752	2,679		2	2,544		1,274
Dominância de Simpson (D)	0,143		0,2352	0,188		0,1858	0,174		0,373
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=2,351; p=0,263								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,04643; p=0,9509								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	1			1			2		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	5			4			3		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	5						5		
Ammonia tepida	34	3	23	34		26	4	3	14
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	3		4			6	1		
Bolivina doniezi	4			3			3		
Bolivina ordinaria	14		1	6		5	4	1	2
Bolivina pseudoplicata	5			6	1	1	5		
Bolivina pulchella	14			1			3		
Bolivina sp.	1						1		
Bolivina striatula			3			5			
Bolivinellina translucens	1		1			2	1		
Buccella sp.									
Bulimina marginata	1								
Buliminella elegantissima	1								
Cancris sagra									
Caronia exilis				1					
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana	2								
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens				4			1		
Criboelphidium excavatum	2								
Criboelphidium poeyanum	5			6			7		
Cribrostomoides sp.	1						4		
Cribrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta	1			1			1		
Discorbis sp.				1					
Elphidium discoidale	1		4	1		1			1
Eponides repandus	1			1			2		
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	1						1		
Fissurina lucida	1			1			1		
Fissurina semimarginata	1			1					
Fissurina sp.	1			1					
Flintina bradyana	1			3					
Fursenkoina pontoni	3								
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	3			3			5		
Globigerina bulloides	1			4			5		
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	5			1			4		
Globorotalia inflata									
Gyroldina sp.									
Hanzawaia boueana	3			7			6		
Hopkinsina pacifica			2			2			2
Lagena sp.	1			1					
Lagena striata									
Lenticulina sp.				5			1		
Lepidodeuterammina ochracea	1								
Lingulina sp.	1			3			4		
Lobatula lobatula				1					
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	2			9			2		
Milioninella sp.				1					
Neoconorbina terquemi				1					
Nonion sp.	3			1			1		
Nonionella atlantica	1		34			24			44
Nonionoides grateloupii	21	17	37	17	3	18	19	27	74
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	124	1	1	15			122		
Patellina corrugata	1			1			1		
Pseudononion opima	4	2	2				1	1	1
Quinqueloculina atlantica	1				1	1			
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata									
Quinqueloculina lamarckiana	5			3			4		
Quinqueloculina poeyana				2					
Quinqueloculina polygona	7			8	1	1	8		
Quinqueloculina seminula	1			6			8		
Quinqueloculina sp.	6			3			2		
Quinqueloculina vulgaris	6			1			3		2
Reussella sp.	1			2			1		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis	1			1					
Rolshauseni rolshauseni				1					
Rosalina floridana	4			3			4	1	1
Rosalina williamsoni	1			1			2		
Siphonina sp.									
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.	1								
Stainforthia sp.	1			1					
Textularia sagittula			1						
Textularia sp.	8			12		1	5		2
Trifarina angulosa				1					
Triloculina oblonga	1		2	3		1	1		
Triloculina sp.				3			1		
Triloculina trigonula	4			9	1	1	4		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	1			1					
Uni e Bisserial	1								
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	7			6			4		
Fragmentos miliolídeos	1			4			1		
Fragmentos rotalínídeos	4								
Formas planctônicas				2			5		
Indeterminados				2					

Continua

Continuação									
Estações	D2-R1			D2-R2			D2-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/8		1	1/8		1
Volume analisado	20		70	20		50	20		30
Fauna Total analisada	388		95	373		139	428		127
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	3104		1	2984		3	3424		4
Fauna de Mortos e de Vivos	380	8	95	325	48	139	411	17	127
Riqueza (n° espécies)	49	4	17	43	5	12	49	4	10
Diversidade Shannon (H')	2,632		2,207	2,657		1,471	2,847		1,315
Dominância de Simpson (D)	0,179		0,1572	0,161		0,3257	0,135		0,349
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=0,343; p=0,822								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,04522; p=0,9477								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	2			2			3		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	5		2	7			19		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	6								
Ammonia tepida	41	3	19	35		4	37	3	14
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla							1		
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	1		6	1			1		
Bolivina doniezi	3			3			3		
Bolivina ordinaria	1		4	7	2	2	8		1
Bolivina pseudoplicata	8		1	2			15	1	1
Bolivina pulchella	13	1	1	8			15		
Bolivina sp.	1			1					
Bolivina striatula	2		3	2		2			
Bolivinellina translucens			1	2			2		
Buccella sp.									
Bulimina marginata	1								
Buliminella elegantissima	1								
Cancris sagra			1						
Caronia exilis									
Cibicides sp.	1						1		
Cibicidoides pseudoungeriana									
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens	1			3			3		
Cribrorophidium excavatum							1		
Cribrorophidium poeyanum	3			2			12		
Cribrostomoides sp.	2			3			1		
Cribrostomoides subglobosa			1						
Cycloforina contorta	2			3			1		
Discorbis sp.							3		
Elphidium discoidale	3		3			6	4		1
Eponides repandus	1			1	1	1	2		
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata							1		
Fissurina lucida							3		
Fissurina semimarginata	1			3			1		
Fissurina sp.	1			1					
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni	1								
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	5			3			7		
Globigerina bulloides	1								
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	4			3					
Globorotalia inflata									
Gyroldina sp.									
Hanzawaia boueana	1			3			3		
Hopkinsina pacifica	1		2			1	3		2
Lagena sp.									
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea									
Lingulina sp.				3					
Lobatula lobatula				1					
Miliammina fusca							1		
Miliolinella subrotunda	2			4			3		
Milioninella sp.				1			1		
Neoconorbina terquemi				1			1		
Nonion sp.	1			2			2		
Nonionella atlantica			25			53			44
Nonionoides grateloupii	2	3	18	14	37	58	16	12	59
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	147	1	1	13			14		
Patellina corrugata	1			1			1		
Pseudononion opima					7	7	1	1	1
Quinqueloculina atlantica									
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata							1		
Quinqueloculina lamarckiana	8			3			3		
Quinqueloculina poeyana	1			1					
Quinqueloculina polygona	8			13			9		
Quinqueloculina seminula	9			5			5		
Quinqueloculina sp.	2			2					
Quinqueloculina vulgaris	5			5			8		2
Reussella sp.	1			2			1		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis	1						1		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	1			5	1	1	5		
Rosalina williamsoni	2			2			5		
Siphonina sp.	1						1		
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.				1			2		
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	6		4	4		2	8		2
Trifarina angulosa	1								
Triloculina oblonga	6			3			13		
Triloculina sp.	1								
Triloculina trigonula	15			5			13		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	1			1			1		
Uni e Bisserial							1		
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	9			14			12		
Fragmentos miliolídeos	5			3			4		
Fragmentos rotalínídeos				1					
Formas planctônicas	5			3			2		
Indeterminados	1		3	2		2	3		

Continua

Continuação									
Estações	D3-R1			D3-R2			D3-R3		
Fração analisada	1/8		1	1/4		1	1/2		1
Volume analisado	20		30	20		70	20		90
Fauna Total analisada	483		168	296		94	365		95
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1932		6	1184		1	730		1
Fauna de Mortos e de Vivos	409	74	168	284	12	94	351	14	95
Riqueza (n° espécies)	54	7	16	37	1	13	42	5	16
Diversidade Shannon (H')	2,958		2,017	2,525		2,147	2,577		2,271
Dominância de Simpson (D)	0,102		0,1936	0,18		0,1521	0,167		0,1497
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=5,674; p=0,035*								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=1,621; p=0,2409								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	1			3					
Foraminifera									
Adelosina bicornis	1								
Adelosina longirostra	25			19			16		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	6								
Ammonia tepida	33	22	52	28		26	4	4	3
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.	3			2			1		
Bolivina compacta			14			9			11
Bolivina doniezi	6								
Bolivina ordinaria	18	4	1	9		4	9	3	5
Bolivina pseudoplicata	1	1	1	11			7	1	1
Bolivina pulchella	16			8			8		1
Bolivina sp.	1						1		
Bolivina striatula	1		14	1		7	1		6
Bolivinellina translucens			3			3	1		4
Buccella sp.									
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima									
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.	1								
Cibicidoides pseudoungeriana									
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens	1			2			3		
Cribrorophidium excavatum	2		1	2					
Cribrorophidium poeyanum	1			6			1		
Cribrostomoides sp.	1								
Cribrostomoides subglobosa						1			
Cycloforina contorta	1			1			1		
Discorbis sp.	2								
Elphidium discoidale	1					2	1		1
Eponides repandus	1								
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	2						1		
Fissurina lucida							1		
Fissurina semimarginata				1					
Fissurina sp.							1		
Flintina bradyana	2			1			1		
Fursenkoina pontoni				1					
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	2			6			3		
Globigerina bulloides	2			1			3		
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	5			5			3		1
Globorotalia inflata									
Gyroldina sp.									
Hanzawaia boueana				1			2		
Hopkinsina pacifica	1		1			2	1		1
Lagena sp.	1			1			1		
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea									
Lingulina sp.	1			1					
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	3			5			2		
Milioninella sp.	1								
Neoconorbina terquemi	3						1		
Nonion sp.	3						2		
Nonionella atlantica			5			17			9
Nonionoides grateloupii	25	39	46	9	12	13	25	3	9
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	117			115			13	3	3
Patellina corrugata	1			1			1		
Pseudononion opima		6	6	5			5		
Quinqueloculina atlantica	1			1					
Quinqueloculina bradyana	1								
Quinqueloculina costata	1								
Quinqueloculina lamarckiana	4	1	1	1			1		
Quinqueloculina poeyana									
Quinqueloculina polygona	7			7			2		
Quinqueloculina seminula	11	1	1	4			13		
Quinqueloculina sp.	5						2		
Quinqueloculina vulgaris	7		2						
Reussella sp.	1			1			2		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis	1								
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	2			4			2		
Rosalina williamsoni	2			1			2		
Siphonina sp.	1			2			1		
Siphotrochamina sp.	1								
Spiroloculina sp.	4								
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	3		3	4		6	4		8
Trifarina angulosa									
Triloculina oblonga	13		8	2		3	3		3
Triloculina sp.	5						1		
Triloculina trigonula	13			8			15		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis				1					
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	15			3			8		
Fragmentos miliolídeos	2			3			4		
Fragmentos rotalínídeos									
Formas planctônicas									
Indeterminados						1			2

Continua

Continuação									
Estações	CO1-R1			CO1-R2			CO1-R3		
Fração analisada	1/4		1	1/4		1	1		1
Volume analisado	20		50	20		90	20		50
Fauna Total analisada	433		109	400		93	379		87
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	1772		2	1600		1	379		2
Fauna de Mortos e de Vivos	415	28	109	369	31	93	350	29	87
Riqueza (n° espécies)	49	7	20	46	7	12	45	4	11
Diversidade Shannon (H')	2,846		1,905	2,841		1,707	2,665		1,753
Dominância de Simpson (D)	0,125		0,2432	0,128		0,2371	0,162		0,225
Kruskal-Wallis Tanatocenose				H=0,550; p=0,728					
Kruskal-Wallis Biocenose				H=0,2297; p=0,7506					
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	5								
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	23			25			11		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana									
Ammonia tepida	37	2	1	3	5	28	2	3	16
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla	1						1		
Blysmasphaera sp.	1			2					
Bolivina compacta			3			2			
Bolivina doniezi									
Bolivina ordinaria	8		1	5		1	7		1
Bolivina pseudoplicata	6	1	1	1			4		
Bolivina pulchella	1			13			17		
Bolivina sp.				2					
Bolivina striatula	1			3					
Bolivinellina translucens			1		1	2			
Buccella sp.									
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima							1		
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana			1						
Cornobella sp.	1			1			4		
Cornuspira involvens	4						6		
Cribrorophidium excavatum	2			2					
Cribrorophidium poeyanum	6			6			7		
Cribrostomoides sp.							1		
Cribrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta	2			2					
Discorbis sp.	1			3			2		
Elphidium discoidale	1		4	2		5	2		12
Eponides repandus	1						1		
Eponides sp.	1			2					
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata				1					
Fissurina lucida				2					
Fissurina semimarginata				1			1		
Fissurina sp.	2			1					
Flintina bradyana	1						1		
Fursenkoina pontoni									
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	4			3			6		
Globigerina bulloides	4						1		
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	3			1			2		
Globorotalia inflata									
Gyroïdina sp.									
Hanzawaia boueana				2					
Hopkinsina pacifica	2		1			1	1		1
Lagena sp.	2			1					
Lagena striata									
Lenticulina sp.	1			1					
Lepidodeuterammina ochracea							1		
Lingulina sp.	3			1			2		
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	6			3			2		
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi	1			1			5		
Nonion sp.	4	1	1	2	1	1	5		
Nonionella atlantica			37			21			16
Nonionoides grateloupïi	37	21	37	18	2	28	24	2	32
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	13	1	1	122	2	2	132	3	3
Patellina corrugata	1		1	1			1		
Pseudononion opima	6			6	1	1	4	3	3
Quinqueloculina atlantica	4								
Quinqueloculina bradyana				2					
Quinqueloculina costata	4			2					
Quinqueloculina lamarckiana	5			6			1		
Quinqueloculina poeyana	2			1					
Quinqueloculina polygona	13			1			4		
Quinqueloculina seminula	5	1	1	4			1		
Quinqueloculina sp.				2			1		
Quinqueloculina vulgaris	6		1	3			3		
Reussela sp.	1			3			2		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis	1						1		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	6	1	1	6	1	1	5		
Rosalina williamsoni	4			4			6		
Siphonina sp.									
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.							1		
Stainforthia sp.			1				1		
Textularia sagittula									
Textularia sp.	2		3	2			1		1
Trifarina angulosa	2								
Triloculina oblonga	2		1	1			7		1
Triloculina sp.							3		
Triloculina trigonula	1			18			11		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis							2		
Uni e Bisserial	2								
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	1			7			18		1
Fragmentos miliolídeos	5			5			9		
Fragmentos rotalínídeos							1		
Formas planctônicas									
Indeterminados			2						

Continua

Continuação									
Estações	CO2-R1			CO2-R2			CO2-R3		
Fração analisada	1/2			1/4			1/4		
Volume analisado	20			20			20		
Fauna Total analisada	355			359			362		
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	710			1436			1448		
Fauna de Mortos e de Vivos	354	1	95	359	0	103	356	6	117
Riqueza (n° espécies)	51	1	14	45	0	12	48	3	14
Diversidade Shannon (H')	2,970		1,878	2,852		1,739	2,855		1,826
Dominância de Simpson (D)	0,127		0,2394	0,126		0,2665	0,136		0,2354
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=0,329; p=0,828								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,4305; p=0,6596								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.	1								
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1				4			3		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	17			21			2		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana						1			1
Ammonia tepida			8	2		8	31		5
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla	1								
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta			4			8	1		1
Bolivina doniezi				1			1		
Bolivina ordinaria	3		3	7		1	7		
Bolivina pseudoplicata	5	1	2	6			4	3	3
Bolivina pulchella	12			19			5	1	1
Bolivina sp.	1			1			2		
Bolivina striatula	1		3	1		2	1		
Bolivinellina translucens				2			5		1
Buccella sp.	1								
Bulimina marginata				2			1		
Buliminella elegantissima				1			1		
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana			2						1
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens	4			5			1		
Criboelphidium excavatum	3								
Criboelphidium poeyanum	8			5			8		
Cribrostomoides sp.	1			2			1		
Cribrostomoides subglobosa									
Cycloforina contorta	1						1		
Discorbis sp.									
Elphidium discoidale	2		12	1		7			11
Eponides repandus				4			3		
Eponides sp.	1								
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	5						3		
Fissurina lucida	3			2			1		
Fissurina semimarginata	1			4			2		
Fissurina sp.							1		
Flintina bradyana	3			3					
Fursenkoina pontoni	2								
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	3			5			1		
Globigerina bulloides	7								
Globigerinoides ruber									
Globocassidulina subglobosa	3			5			7		
Globorotalia inflata									
Gyroidina sp.									
Hanzawaia boueana	1								
Hopkinsina pacifica			1						
Lagena sp.									
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea	2						2		
Lingulina sp.	1			3					
Lobatula lobatula	1			1			1		
Miliammina fusca	1								
Miliolinella subrotunda	3			3			5		
Milioninella sp.				2			1		
Neoconorbina terquemi							1		
Nonion sp.	1			6			3		
Nonionella atlantica	3		41	1		48	7		45
Nonionoides grateloupit	18		15	4		16	2		3
Orbulina universa									
Pararotalia cananeiaensis	11			17			118		
Patellina corrugata	2			1					
Pseudononion opima	3							2	2
Quinqueloculina atlantica				1			1		
Quinqueloculina bradyana	1						1		
Quinqueloculina costata	1								
Quinqueloculina lamarckiana	3			4			6		
Quinqueloculina poeyana									
Quinqueloculina polygona	7			3			8		
Quinqueloculina seminula	1			11			12		
Quinqueloculina sp.	2			2					
Quinqueloculina vulgaris	11			6			3		
Reussella sp.				1			4		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis	2					1			
Rolshauseni rolshauseni							1		
Rosalina floridana	1			3					
Rosalina williamsoni	1						1		
Siphonina sp.									
Siphonochamina sp.				1					
Spiroloculina sp.	2			1			1		
Stainforthia sp.				1			1		
Textularia sagittula			1						
Textularia sp.	6		1	2		1	6		3
Trifarina angulosa				1					
Triloculina oblonga	12		1	3		1	11		2
Triloculina sp.	1								
Triloculina trigonula	17			11			11		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	1						1		
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata							1		
Jovem de Ammonia	12			39			1		
Fragmentos miliolídeos	16			11			3		
Fragmentos rotalinídeos	1			2			1		
Formas planctônicas	4			2			7		
Indeterminados			1			9			11

Continua

Continuação									
Estações	CO3-R1			CO3-R2			CO3-R3		
Fração analisada	1	1		1/4	1		1/8	1	
Volume analisado	20	90		20	90		20	30	
Fauna Total analisada	173	52		412	32		429	117	
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	173	1		1648	0		3432	4	
Fauna de Mortos e de Vivos	172	1	52	412	0	32	391	38	117
Riqueza (n° espécies)	30	1	11	39	0	9	45	9	20
Diversidade Shannon (H')	2,775		1,987			1,238		2,902	2,318
Dominância de Simpson (D)	0,117		0,1753		0,156	0,4883		0,117	0,1472
Kruskal-Wallis Tanatocenose					H=4,513; p=0,058				
Kruskal-Wallis Biocenose					H=6,965; p=0,0003734*				
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1				2			2		
Foraminifera									
Adelosina bicornis							1		
Adelosina longirostra	15			15			18		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	1			1	1				
Ammonia tepida	1	7		41	22		25	1	33
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla									
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta		2			1				4
Bolivina doniezi									
Bolivina ordinaria	3	1		2			6	1	4
Bolivina pseudoplicata	2			6			5		
Bolivina pulchella	5			5			14		
Bolivina sp.							4		
Bolivina striatula		3			1		1	1	3
Bolivinellina translucens	1			1	1				1
Buccella sp.									
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima							1		
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana									
Cornobella sp.							1		
Cornuspira involvens				2			4		
Cribrorophidium excavatum									
Cribrorophidium poeyanum	4			8			1		
Cribrostomoides sp.	1						1	1	1
Cribrostomoides subglobosa		1			1				1
Cycloforina contorta				3			2		
Discorbis sp.									
Elphidium discoidale		6		1					12
Eponides repandus	1								
Eponides sp.	1								
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata				1			1		
Fissurina lucida									
Fissurina semimarginata									
Fissurina sp.							1		
Flintina bradyana	1			3					
Fursenkoina pontoni							4		
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	1			8			2	1	1
Globigerina bulloides	1			4					
Globigerinoides ruber				1					
Globocassidulina subglobosa				1			15		
Globorotalia inflata									
Gyroidina sp.									
Hanzawaia boueana	1			1					
Hopkinsina pacifica									
Lagena sp.				1			1		
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea							1		
Lingulina sp.							1		
Lobatula lobatula							1		
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	3			13			5		
Milioninella sp.							2		
Neoconorbina terquemi							2		
Nonion sp.							5		
Nonionella atlantica	5	13	6				5		15
Nonionoides grateloupii	13	14	2		3		32	15	21
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	5			147			12	1	1
Patellina corrugata									
Pseudononion opima				1			4	6	6
Quinqueloculina atlantica	2			5			5		
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata				2					
Quinqueloculina lamarckiana	2			3			11		
Quinqueloculina poeyana									
Quinqueloculina polygona	3			25			6		
Quinqueloculina seminula	7			16			12		
Quinqueloculina sp.				5			1		
Quinqueloculina vulgaris	2	2	3				1		4
Reussella sp.	6		6				2		
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis									
Rolshauseni rolshauseni			1						
Rosalina floridana		1	5				1		
Rosalina williamsoni							2	1	1
Siphonina sp.									
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.	2								
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	3			1	1		5		2
Trifarina angulosa									
Triloculina oblonga	1	2	7				6		2
Triloculina sp.	4		5				3		
Triloculina trigonula	6		18				1		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis							3		
Uni e Bisserial				1					
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	3		3				6		2
Fragmentos miliolídeos							13	1	
Fragmentos rotalínídeos							1		1
Formas planctônicas	3		5				3		
Indeterminados					1		5		2

Continua

Continuação									
Estações	CO4-R1			CO4-R2			CO4-R3		
Fração analisada	1/2		1	1/4		1	1/16		1
Volume analisado	20		50	20		70	20		50
Fauna Total analisada	359		107	331		97	384		153
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	718		2	1324		1	6144		3
Fauna de Mortos e de Vivos	346	13	107	321	10	97	375	9	153
Riqueza (n° espécies)	49	6	16	45	5	14	48	8	21
Diversidade Shannon (H')	3,018		2,219	2,891		2,06	3,000		2,286
Dominância de Simpson (D)	0,099		0,1447	0,122		0,1891	0,101		0,1515
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=0,269; p=0,857								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,5816; p=0,5999								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	2			2			4		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	16			2			25		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana									
Ammonia tepida	35	5	22	32		36	32	2	34
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla				2					
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	1		5	1		8	2		12
Bolivina doniezi	1			7			7		
Bolivina ordinaria	17	1	8	11	3	7	9	1	7
Bolivina pseudoplicata	4			1	1	1	3	1	1
Bolivina pulchella	13			9			2		
Bolivina sp.							1		
Bolivina striatula			2					1	13
Bolivinellina translucens			1			3			1
Buccella sp.									
Bulimina marginata				1			2		
Buliminella elegantissima	2								
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.							1		
Cibicidoides pseudoungeriana	1			1			1		1
Cornobella sp.							1		
Cornuspira involvens	6			3			2		
Cribrorophidium excavatum	1			1			2		
Cribrorophidium poeyanum	11			8			7		
Cribrostomoides sp.	1			1			2	1	1
Cribrostomoides subglobosa						1			
Cycloforina contorta									
Discorbis sp.	1								
Elphidium discoidale	1		11	2		8	1		6
Eponides repandus									
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	2						1		
Fissurina lucida				1					
Fissurina semimarginata				2					
Fissurina sp.									
Flintina bradyana	3			2					
Fursenkoina pontoni				2					
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	2			5			3		
Globigerina bulloides	1								
Globigerinoides ruber							1		
Globocassidulina subglobosa	3			5			3		
Globorotalia inflata									
Gyroïdina sp.									1
Hanzawaia boueana	6			5			1		
Hopkinsina pacifica	2	1	2						2
Lagena sp.	1								
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea	1								
Lingulina sp.	1						3		
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	5			4			5		
Milioninella sp.	3			2					
Neoconorbina terquemi	1			1			1		
Nonion sp.	2			9			5		
Nonionella atlantica			26			1			42
Nonionoides grateloupïi	21	4	15	11	3	13	26	1	1
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaensis	9			1			94		
Patellina corrugata				1					
Pseudononion opima	3			2	2	2		1	1
Quinqueloculina atlantica	1			1			3	1	1
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata	1			2					
Quinqueloculina lamarckiana	8			5			6		
Quinqueloculina poeyana							1		
Quinqueloculina polygona	1			6			9		
Quinqueloculina seminula	1			2			6		
Quinqueloculina sp.	5						5		
Quinqueloculina vulgaris	5		6	2			1		1
Reussella sp.									
Reussella spinulosa	3						2		
Reussoolina laevis							1		
Rolshauseni rolshauseni	1			1			1		
Rosalina floridana	3			1			4		
Rosalina williamsoni	2			4	1	1	1		
Siphonina sp.	1			1			2		
Siphotrochamina sp.				1					
Spiroloculina sp.									
Stainforthia sp.	1								
Textularia sagittula			1						
Textularia sp.	5		1	2		1	8		9
Trifarina angulosa									
Triloculina oblonga	7	1	3	12		4	11		1
Triloculina sp.							1		
Triloculina trigonula	7	1	1	8			11		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	1						5		3
Uni e Bisserial							1		
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia			2	11			5		1
Fragmentos miliolídeos	5			5			12		
Fragmentos rotalínídeos	3						5		
Formas planctônicas	4			4			13		
Indeterminados			1			2			5

Continua

Continuação									
Estações	CO5-R1			CO5-R2			CO5-R3		
Fração analisada	1/16	1		1/8	1		1/32	1	
Volume analisado	20	90		20	70		20	50	
Fauna Total analisada	381	86		379	113		371	135	
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	6092	1		3032	2		11872	3	
Fauna de Mortos e de Vivos	370	11	86	368	11	113	364	7	135
Riqueza (n° espécies)	49	2	15	45	7	18	43	5	19
Diversidade Shannon (H')	2,888		2,111			2,365		2,868	2,319
Dominância de Simpson (D)	0,122		0,1674		0,116	0,1321		0,121	0,1438
Kruskal-Wallis Tanatocenose					H=0,299; p=0,841				
Kruskal-Wallis Biocenose					H=1,651; p=0,2343				
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	2			3			8		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	21			15			12		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana									
Ammonia tepida	3		24	3	1	25	32	3	31
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla				1					
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	2		1	3	1	7			12
Bolivina doniezi	6			5	1	1	1		
Bolivina ordinaria	8		1	19	2	4	7	1	4
Bolivina pseudoplicata	4		1	5			5	1	1
Bolivina pulchella	17		1	2		5	17	1	3
Bolivina sp.	1								
Bolivina striatula	1					2	3		3
Bolivinellina translucens									1
Buccella sp.									
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima				1					
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana	1			1		2	1		
Cornobella sp.	1						1		
Cornuspira involvens	4			3			3		
Cribrorophidium excavatum	1								
Cribrorophidium poeyanum	6			4			11		
Cribrostomoides sp.		1	1						
Cribrostomoides subglobosa			4			1			7
Cycloforina contorta									
Discorbis sp.				3			1		
Elphidium discoidale			5			1			9
Eponides repandus	1			1			2		
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	3			3			3		
Fissurina lucida				1			1		
Fissurina semimarginata				1			1		
Fissurina sp.							1		
Flintina bradyana									
Fursenkoina pontoni	4								
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	1			1			4		
Globigerina bulloides				1					
Globigerinoides ruber	1								
Globocassidulina subglobosa	2			3			2		
Globorotalia inflata									
Gyroïdina sp.									
Hanzawaia boueana	1						2		
Hopkinsina pacifica			3					1	2
Lagena sp.				1					
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea	1						1		
Lingulina sp.	4			1					
Lobatula lobatula	1								
Miliammina fusca									
Miliolinella subrotunda	3			2			3		
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi				4			2		
Nonion sp.	1			1			8		
Nonionella atlantica			19			26			34
Nonionoides grateloupïi	29	1	14	28	4	7	2		11
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaïensis	18			1	1	1	15		
Patellina corrugata				1			1		
Pseudononion opima	2			1			3		
Quinqueloculina atlantica	1			3			1		
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata	1			3			3		
Quinqueloculina lamarckiana	1			3			6		
Quinqueloculina poeyana	2						1		1
Quinqueloculina polygona	7			9			15		1
Quinqueloculina seminula	11			9	1	1	11		
Quinqueloculina sp.	5			5			2		
Quinqueloculina vulgaris	5			4		3			2
Reussella sp.									
Reussella spinulosa	2		2			1	1		
Reussoolina laevis	1			2			3		
Rolshauseni rolshauseni	1			1					
Rosalina floridana	4			9			9		
Rosalina williamsoni	2			2			2		
Siphonina sp.	1			1					
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.	1								
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	4		3	5		1	1		2
Trifarina angulosa									
Triloculina oblonga	6		1	1		3	7		7
Triloculina sp.	2								
Triloculina trigonula	1			5			11		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis	1			2			1		1
Uni e Bisserial									
Wiesnerella auriculata									
Jovem de Ammonia	5			1			1		
Fragmentos miliolídeos	6			14			1		
Fragmentos rotalínídeos									
Formas planctônicas	17			18			17		
Indeterminados			6	2		4			3

Continua

Continuação									
Estações	CO6-R1			CO6-R2			CO6-R3		
Fração analisada	1		1	1		1	1		1
Volume analisado	20		70	20		90	20		90
Fauna Total analisada	216		89	300		36	418		40
Densidade (espécimes/vol analisado em cm³)	216		1	300		0	418		0
Fauna de Mortos e de Vivos	215	1	89	293	7	36	404	14	40
Riqueza (n° espécies)	38	1	12	49	2	9	49	6	9
Diversidade Shannon (H')	2,587		1,832	2,960		1,66	2,832		1,646
Dominância de Simpson (D)	0,165		0,2254	0,111		0,2577	0,136		0,2475
Kruskal-Wallis Tanatocenose	H=3,389; p=0,104								
Kruskal-Wallis Biocenose	H=0,7455; p=0,2762								
Mortos/Vivos	M	V	V*	M	V	V*	M	V	V*
Thecamoeba									
Arcella sp.									
Centropyxis sp.									
Tintinnidea									
Tintinnidea sp1	2			2			1		
Foraminifera									
Adelosina bicornis									
Adelosina longirostra	6			6			7		
Ammobaculites sp.									
Ammonia parkinsoniana	1			4					
Ammonia tepida	26	1	5	3		2	4	2	13
Ammotium salsum									
Amphicoryna scalaris									
Asterigerinata mamilla	1						1		
Blysmasphaera sp.									
Bolivina compacta	1		1			2			
Bolivina doniezi	1			1					
Bolivina ordinaria	1			3	1	1	1	2	2
Bolivina pseudoplicata	4			3			6		
Bolivina pulchella	2			11			9	1	1
Bolivina sp.	1			2			4		
Bolivina striatula	1		5			1			
Bolivinellina translucens	1			5			1		
Buccella sp.									
Bulimina marginata									
Buliminella elegantissima				1					
Cancris sagra									
Caronia exilis									
Cibicides sp.									
Cibicidoides pseudoungeriana							1		
Cornobella sp.									
Cornuspira involvens							1		
Cribrorophidium excavatum			3	4					
Cribrorophidium poeyanum	8			7			7		
Cribrostomoides sp.	1						2		
Cribrostomoides subglobosa			1						
Cycloforina contorta							1		
Discorbis sp.	1						2		
Elphidium discoidale			8	1		3			1
Eponides repandus	1			1					
Eponides sp.									
Favulina hexagona									
Fissurina laevigata	1			2					
Fissurina lucida							1		
Fissurina semimarginata				2			1		
Fissurina sp.							1		
Flintina bradyana							2		
Fursenkoina pontoni	1			1			1		
Fursenkoina riggi									
Gavelinopsis praegeri	2			4			6		
Globigerina bulloides									
Globigerinoides ruber							3		
Globocassidulina subglobosa			1	2			6		
Globorotalia inflata				1					
Gyroïdina sp.									
Hanzawaia boueana	4			4			4		
Hopkinsina pacifica			1	1			1		1
Lagena sp.				1			1		
Lagena striata									
Lenticulina sp.									
Lepidodeuterammina ochracea				1					
Lingulina sp.				1					
Lobatula lobatula									
Miliammina fusca							1		
Miliolinella subrotunda	2			2			1		
Milioninella sp.									
Neoconorbina terquemi				1			1		
Nonion sp.				8			3		
Nonionella atlantica			3	1		13	6		7
Nonionoides grateloupïi	14		27	26	6	12	24	7	13
Orbulina universa									
Pararotalia cananeaïensis	75			8			13		
Patellina corrugata	1			1			1		
Pseudononion opima	2			2			1	1	1
Quinqueloculina atlantica	1			1			1		
Quinqueloculina bradyana									
Quinqueloculina costata	2						1		
Quinqueloculina lamarckiana	2			5			7		
Quinqueloculina poeyana				1					
Quinqueloculina polygona	12			7			13		
Quinqueloculina seminula	9			9			15		
Quinqueloculina sp.	2			5			6		
Quinqueloculina vulgaris	4			6			5		
Reussella sp.	2			1			1	1	1
Reussella spinulosa									
Reussoolina laevis				1			1		
Rolshauseni rolshauseni									
Rosalina floridana	1						8		
Rosalina williamsoni				1			1		
Siphonina sp.				1					
Siphotrochamina sp.									
Spiroloculina sp.									
Stainforthia sp.									
Textularia sagittula									
Textularia sp.	1		2	2			2		
Trifarina angulosa				1					
Triloculina oblonga	3		5	7			11		
Triloculina sp.									
Triloculina trigonula	4			9			7		
Trochammina sp.									
Tubinella funalis									
Uni e Bisserial	1			1					
Wiesnerella auriculata							1		
Jovem de Ammonia	2			2		1	3		
Fragmentos miliolídeos	5			8			16		
Fragmentos rotalínídeos	1								
Formas planctônicas	4			5			9		
Indeterminados						1			

Estatisticamente significativo (≤0,05); V: valores totais da biocenose analisada