UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO, SEDIMENTOLÓGICO E DE
FORAMINÍFEROS EM ÁREAS DA BAIXADA SANTISTA, SP, SUBMETIDAS
A DISPOSIÇÃO OCEÂNICA DE ESGOTOS**

Andreia C. Teodoro

Orientadora: Profa. Dra. Wânia Duleba

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO

2006

Dedico este trabalho a minha mãe, Leonor,
por ter me ensinado que posso ser forte
sem perder a doçura.

Agradecimentos

À Wania Duleba, por ter sido muito mais do que orientadora. Wânia, não tenho como agradecer pela sua amizade, paciência e carinho.

À FAPESP, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de mestrado (Proc. 02/02612-2 e 04/03160-0).

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado no primeiro semestre de 2005.

À FUNDESPA, pela doação de material e permissão para utilização dos dados referentes à Enseada do Guarujá e Baía de Santos.

À CETESB, pela doação de material e permissão para utilização dos dados do cruzeiro realizado em Santos, no primeiro semestre de 2004, e pelo profissionalismo de Cláudia Lamparelli, Débora O. Moura e José Bevilacqua.

À Ana Paula e Magali da secretaria de pós-graduação.

Aos funcionários dos laboratórios: LABMEV, LABPETRO, LABSED e de Química do IgC-USP.

Aos funcionários das bibliotecas do Instituto de Geociências e do Instituto Oceanográfico.

Ao Prof. Thomas Fairchild, pelas sugestões, correções e tradução do abstract.

Ao meu irmão J. Carlos, pelo carinho, amizade e por sempre ter estado presente.

A Ana Lúcia, pela amizade e por ter me apresentado a Wânia.

Aos colegas do laboratório de Micropaleontologia, Paulo Henrique, Priscilla, Luciana, Thais, Juliana, Valdemar, Alexandra, André.

Ao trio: Rafaela, Oni e Silas, pelo carinho e por terem feito com que os momentos difíceis fossem mais engraçados.

Ao Marcelo Rocha, pela amizade e pelas conversas durante as caronas no final da tarde.

Ao Isaac, por ter criado a rotina das análises morfométricas.

Ao Prof. Setembrino Petri, pelo incentivo e pelas aulas de micropaleontologia.

Ao Jorge Watanabe, pelo carinho e companheirismo.

ÍNDICE DE TABELAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1 – INTRODUÇÃO	17
2 – OBJETIVOS	19
3 – ÁREAS DE ESTUDO	21
3.1 ENSEADA DO GUARUJÁ	23
3.1.1 Características do Emissário Submarino da Enseada do Guarujá	24
3.2 BAÍA DE SANTOS	25
3.2.1 Características do Emissário Submarino de Santos	27
4 – MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 Procedência das amostras	28
4.2 Métodos de análises hidrográficas, hidrogeoquímicas e hidrobiológicas	29
4.2.1 Parâmetros físico-químicos	29
4.2.2 Parâmetros microbiológicos	30
4.2.3 Parâmetros hidrobiológicos	31
4.2.4 Tratamento dos dados hidrográficos e hidrobiológicos	31
4.3 Métodos de análises sedimentológicas	33
4.4 Métodos de análises da microfauna - Foraminíferos	34
4.5 Análise Canônica	34
5 – RESULTADOS	36
5.1 GUARUJÁ	36
5.1.1 Dados hidrográficos	36
5.1.2 Parâmetros Sedimentológicos	40
5.1.2.1 Granulometria	40
5.1.2.2 Carbonato de cálcio	44
5.1.2.3 Carbono orgânico	44
5.1.2.4 Nitrogênio Total	45

5.1.2.5 Enxofre	45
5.1.2.6 Razão C/N	46
5.1.2.7 Razão C/S	46
5.1.3 Parâmetros microfaunísticos	51
5.1.3.1 Composição e distribuição das tanatocenoses	51
5.1.3.2 Composição e distribuição das biocenoses	52
5.1.3.3 Composição e distribuição das tanatocenoses	59
5.1.3.4 Composição e distribuição das biocenoses	60
5.1.3.5 Análise morfométrica	67
5.1.3.6 Análise tafonômica	69
5.2 BAÍA DE SANTOS	72
5.2.1 Dados hidrográficos	72
5.2.2 Parâmetros sedimentológicos	76
5.2.2.1 Granulometria	76
5.2.2.2 Carbonato de cálcio	80
5.2.2.3 Carbono orgânico	80
5.2.2.4 Nitrogênio total	81
5.2.2.5 Enxofre	81
5.2.2.6 Razão C/N	82
5.2.2.7 Razão C/S	82
5.2.3 Parâmetros microfaunísticos	87
5.2.3.1 Composição e distribuição das tanatocenoses	87
5.2.3.2 Composição e distribuição das biocenoses	88
5.2.3.3. Composição e distribuição das tanatocenoses	95
5.2.3.4 Composição e distribuição das biocenoses	96
5.2.3.5 Análise morfométrica	103
5.2.3.6 Análise Tafonômica	105
5.3 - EMISSÁRIO SUBMARINO DE SANTOS	108
5.3.1 Dados hidrográficos – parâmetros físico-químico	108
5.3.1.1 Batimetria e termossalimetria	108
5.3.1.2 Teores de oxigênio dissolvido (OD) e pH	114
5.3.1.3 Turbidez / Transparência da água e Coeficiente de extinção de luz	117
5.3.1.4 Nitrogênio Amoniacal (NH ₄)	120

5.3.1.5 Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)	120
5.3.1.6 Fósforo total (Pt)	122
5.3.1.7 Ortofosfato	122
5.3.2 Parâmetros Hidrobiológicos	125
5.3.2.1 Clorofila a	125
5.3.2.2 Feofitina	125
5.3.2.3 Índice do Estado Trófico (IET)	128
5.3.3 Parâmetros Microbiológicos	129
5.3.3.1 Coliforme fecal	129
5.3.3.2 Enterococos	129
5.3.4 Parâmetros Sedimentológicos	131
5.3.4.1 Granulometria	131
5.3.4.2 Teores de Carbonato de Cálcio	133
5.3.4.3 Teores de Carbono orgânico, Nitrogênio total, Enxofre total, Fósforo total, Fósforo inorgânico e Fósforo orgânico	133
5.3.4.4 Razões C/N, C/S e C/P	134
5.3.5 Parâmetros microfaunísticos	138
5.3.5.1 Composição e distribuição das tanatocenoses	138
5.3.5.2 Composição e distribuição das biocenoses	144
5.3.5.3 Análise morfométrica	148
6 – ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (ACC)	151
7 - DISCUSSÃO	155
7.1 REDE AMOSTRAL MACROESCALA - ENSEADA DO GUARUJÁ	155
7.2 REDE AMOSTRAL MACROESCALA - BAÍA DE SANTOS	160
7.3 REDE AMOSTRAL MICROESCALA - EMISSÁRIO SUBMARINO DE SANTOS	163
8– CONCLUSÕES	154
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	173

PRANCHAS

ÍNDICE DE TABELAS

01 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Enseada do Guarujá no inverno de 1997	21
02 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Enseada do Guarujá no verão de 1998	21
03 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo, obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá	25
04 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo, obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá	25
05 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá	31
06 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá	31
07 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Enseada do Guarujá durante o inverno de 1997	37 e 38
08 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Enseada do Guarujá durante o verão de 1998	45 e 46
09 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Baía de Santos no inverno de 1997	57
10 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Baía de Santos no verão de 1998	57
11 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo obtidos na Baía de Santos no inverno de 1997	61
12 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo obtidos na Baía de Santos no verão de 1998	61
13 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no inverno de 1997 na Baía de Santos	67
14 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no verão de 1998 na Baía de Santos	67
15 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Baía de Santos durante o inverno de 1997	73 e 74

16 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) e tecamebas, obtida na Baía de Santos durante o verão de 1998	81 e 82
17 – Parâmetros hidrográficos obtidos em 27/04/2004 em área circunjacente ao emissário submarino de Santos	93 e 94
18 – Parâmetros hidrobiológicos obtidos em 27/04/2004 em área circunjacente ao emissário submarino de Santos	110 e 111
19 – Análise do Índice do Estado Trófico (IET) da região circunjacente ao emissário submarino de Santos	112
20 – Dados granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo, obtidos em área circunjacente ao emissário submarino de Santos	115
21 – Dados geoquímicos, razões C/N, C/S e C/P obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	118
22 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	124 e 125
23 – Resultados da Análise de Correspondência Canônica entre as associações de foraminíferos e tecamebas com variáveis ambientais obtidas na Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e microescala)	136

ÍNDICE DE FIGURAS

01 – Localização das áreas estudadas	06
02 – Dados hidrográficos: A) Profundidade, B) Temperatura (inverno), C) Salinidade (inverno), D) Temperatura (verão) e E) Salinidade (verão)	22
03 – Diagrama T/S – Dados obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá	23
04 – Diagrama T/S – Dados obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá	23
05 – Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos na Enseada do Guarujá: A) Diâmetro Médio (inverno), B) Diâmetro Médio (verão), C) Grau de Seleção (inverno), D) Grau de Seleção (verão), E) % de Areia (inverno), F) % de Areia (verão), G) % de Lama (inverno), H) % de Lama (verão)	26 e 27
06 – Mapas horizontais dos dados geoquímicos obtidos na Enseada do Guarujá: A) Carbonato de cálcio (inverno), B) Carbonato de cálcio (verão), C) Carbono orgânico (inverno), D) Carbono orgânico (verão), E) Nitrogênio total (inverno), F) Nitrogênio total (verão), G) Enxofre total (inverno), H) Enxofre total (verão)	32 e 33
07 – Razões de C/N e C/S referentes aos dados de C, N e S obtidos no inverno de 1997 e verão de 1998	34
08 – Densidade, riqueza e freqüência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidos no inverno de 1997 (Tanatocenose).....	39
09 – Freqüência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Tanatocenose - Inverno/1997).....	40
10 – Densidade, riqueza e freqüência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidos no inverno de 1997 (Biocenose)	41
11 – Freqüência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Biocenose – Inverno/1997).....	42

12– Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidos no verão de 1998 (Tanatocenose).....	47
13 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Tanatocenose – Verão/1998).....	48
14 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidos no verão de 1998 (Biocenose – Verão/1998)	49
15 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Biocenose – Verão/1998)	50
16 – Análise morfométrica realizada das carapaças de foraminíferos obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá	52
17 – Análise morfométrica realizada das carapaças de foraminíferos obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá	52
18 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças de foraminíferos coletados na Enseada do Guarujá no inverno de 1997	54
19 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças de foraminíferos coletados na Enseada do Guarujá no verão de 1998	54
20 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Enseada do Guarujá no inverno de 1997	55
21 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Enseada do Guarujá no verão de 1998	55
22 – Dados hidrográficos obtidos na Baía de Santos: A) Profundidade, B) Temperatura (inverno), C) Salinidade (inverno), D) Temperatura (verão), E) Salinidade (verão)	58
23 – Diagrama T/S – Dados obtidos no inverno de 1997 na Baía de Santos	59
24 – Diagrama T/S – Dados obtidos no verão de 1997 na Baía de Santos	59
25 – Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos na Baía de Santos: A) Diâmetro Médio (inverno), B) Diâmetro Médio (verão), C) Grau de Seleção	

(inverno), D) Grau de Seleção (verão), E) % de Areia (inverno), F) % de Areia (verão), G) % de Lama (inverno), H) % de Lama (verão).....	62 e 63
26 – Mapas horizontais dos dados geoquímicos obtidos na Baía de Santos: A) Carbonato de cálcio (inverno), B) Carbonato de cálcio (verão), C) Carbono orgânico (inverno), D) Carbono orgânico (verão), E) Nitrogênio total (inverno), F) Nitrogênio total (verão), G) Enxofre total (inverno), H) Enxofre total (verão)	68 e 69
27 – Mapas horizontais das Razões C/N e C/S obtidas no inverno de 1997 e verão de 1998 na Baía de Santos	70
28 – Densidade, riqueza e frequência relativa das tecamebas e principais subordens de foraminíferos mortos da Baía de Santos, obtidos no inverno de 1997	75
29 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Tanatocenose – Inverno/1997)	76
30 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos vivos da Baía de Santos, obtidos no inverno de 1997	77
31 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Biocenose – Inverno/1997)	78
32 – Densidade, riqueza e frequência relativa das tecamebas e principais subordens de foraminíferos mortos da Baía de Santos, obtidos no verão de 1998.....	83
33 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Tanatocenose – Verão/1998)	84
34 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos vivos da Baía de Santos, obtidos no verão de 1998.....	85
35 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água	

Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Biocenose – Verão/1998)	86
36 – Análise morfométrica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no inverno de 1997	88
37 – Análise morfométrica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no verão de 1998	88
38 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no inverno de 1997	90
39 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no verão de 1998	90
40 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos coletados no inverno de 1997 na Baía de Santos	91
41 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos coletados no verão de 1998 na Baía de Santos	91
42 – Mapa horizontal das profundidades das amostras coletadas na região circunja-cente ao emissário submarino de Santos	92
43 – Mapas horizontais dos dados hidrográficos obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos: A/B/C) Temperatura, D/E/F) Salinidade	95
44 – Perfis verticais dos dados de salinidade e temperatura, observados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	96
45 – Diagrama T/S. Dados obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	97
46 – Mapas horizontais dos valores de oxigênio dissolvido (A, B, C) e pH (D, E, F) observados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	99
47 – Perfis verticais das concentrações de Oxigênio Dissolvido observadas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	100
48 – Mapas horizontais dos dados hidrográficos obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos: Turbidez (A/B/C), D) Visibilidade e E) Limite da Zona Eufótica	102
49 – Mapas horizontais da dispersão do material sólido em suspensão, presente em região circunjacente aos difusores do emissário submarino de Santos	103
50 – Mapas horizontais das concentrações de Nitrogênio amoniacal (A, B, C) e Nitrogênio Kjeldahl (D, E, F), observadas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	105

51 – Mapas horizontais das concentrações de Fósforo total (A, B, C) e Ortofosfato (D, E, F) observadas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	107
52 – Perfis verticais de correlação observada entre OD e Fósforo total em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	108
53 – Mapas horizontais dos valores de clorofila- <i>a</i> (A) e feofitina (B) observados na superfície da região circunjacente ao emissário submarino de Santos	109
54 – Mapas horizontais dos valores de Coliforme fecais (A, B, C) e Enterococos (D, E, F) das águas de superfície, meio e fundo da região circunjacente ao emissário submarino de Santos	114
55 – Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos em área circunjacente ao emissário submarino de Santos: A) Diâmetro médio, B) Grau de Seleção, C) % de Areia e D) % de Lama	116
56 – Mapas horizontais das porcentagens de: A) Carbonato de Cálcio, B) Carbono orgânico, C) Nitrogênio total, D) Enxofre total, E) Fósforo total, F) Fósforo inorgânico e G) Fósforo orgânico, obtidas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	119 e 120
57 – Razões C/N, C/S e C/P obtidas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	121
58 – Densidade, riqueza e freqüência relativa das principais subordens de foraminíferos mortos obtidos na região circunjacente ao emissário submarino de Santos	126
59 – Freqüência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambiente rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS).....	127
60 – Densidade, riqueza e freqüência relativa das principais subordens de foraminíferos vivos, obtidos na região circunjacente ao emissário submarino de Santos	130
61 – Freqüência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambiente rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	131
62 – Análise morfométrica realizada nas carapaças dos foraminíferos coletados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	132
63 – Análise tafonômica (grau de preservação) realizada nas carapaças de	

foraminíferos coletados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	134
64 – Análise tafonômica realizada nas carapaças de foraminíferos coletados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos	134
65 – Diagrama de ordenação das estações de coleta e variáveis ambientais, resultante da análise de Correspondência Canônica para a Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e microescala)	137
66 – Diagrama de ordenação das espécies de foraminíferos e tecamebas com relação as variáveis ambientais, resultante da análise de Correspondência Canônica para a Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e microescala)	138

RESUMO

O presente estudo analisou a influência do emissário submarino de esgoto sobre as associações de foraminíferos, regionalmente (macroescala) e localmente (microescala), na Enseada do Guarujá e Baía de Santos. Foram analisadas, em macroescala, 26 amostras coletadas na Enseada do Guarujá e 24 na Baía de Santos. As amostras foram obtidas no inverno de 1997 e verão de 1998. Em microescala foram coletadas 10 amostras próximo aos difusores do emissário de Santos em abril de 2004. Em cada estação foram obtidos dados hidrográficos e sedimentológicos. Foi analisada a composição das associações de foraminíferos, descrevendo as variações espaciais e temporais em relação as variáveis ambientais. Em macroescala, a influência da disposição oceânica não foi conclusiva, devido à baixa densidade da biocenose. Entretanto, análises das tanatocenoses (tafonômicas e morfométricas) e dos dados sedimentológicos possibilitaram distinguir dois setores morfossedimentares na Enseada do Guarujá e na Baía de Santos. O primeiro setor localizado na porção oeste possui sedimentos arenosos, com baixos teores de C e N, baixa densidade e riqueza de foraminíferos. O segundo localiza-se nas porções central-leste e apresenta predominância de lama, com altos teores de C e N e elevada densidade e riqueza de foraminíferos. Os resultados das razões C/S permitiram detectar sedimentos anóxicos próximo ao emissário da Enseada do Guarujá no inverno, e na Baía de Santos no inverno e verão. Em microescala, os dados hidrogeoquímicos e sedimentológicos indicaram que a área circunjacente aos difusores está hipereutrofizada, apresentando altos teores de C, N, P e S tanto na água como nos sedimentos. As baixas razões C/S indicaram presença de ambiente com características fortemente redutoras. Em microescala, a análise da composição e distribuição das biocenoses indicou que as características ambientais da Baía de Santos estão influenciando diretamente as associações de foraminíferos, diminuindo os valores de densidade e riqueza. Desse modo conclui-se que o pré-tratamento dos efluentes de Santos é precário, tornando a região dos difusores mais um grande foco de poluição na baía.

ABSTRACT

The present study analyzed the influence of submarine sewage outfall upon foraminifera assemblages on a regional (macro scale) and local (micro scale), in Guarujá and Santos Bay. Fifty samples were analyzed at the macro scale, twenty six from Guarujá and twenty four from Santos Bay. The samples were collected in winter 1997 and summer 1998. At the micro scale, ten samples were collected close to sewage outfall diffusers in Santos Bay in April 2004. At each station hydrographic and sedimentological data were obtained. Spatial and seasonal variations in the composition of foraminifera assemblages were related to environmental variables. Analysis of the influence of oceanic sewage disposal at the macro scale was inconclusive due to the low density of live foraminifera. Thanatocenosis (taphonomic and morphometric analyses) and sedimentological analyses revealed two morphosedimentary sectors in Guarujá and Santos Bay, one in the western portion of the study area with sandy sediments, low C and N, low density and low richness of foraminifera, and the other, in the east-central portion, with predominance of mud, higher C and N, higher density and richness of foraminifera. C/S ratios permitted detection of anoxic sediments near sewage outfall in Guarujá in the winter, and in Santos Bay in both the winter and summer. At the micro scale, hydrogeochemical and sedimentological data indicated that area close to the diffusers is highly eutrofized, with high contents of C, N, P and S in both the water and the sediment. The low C/S ratios of the sediment indicated highly reducing conditions. At the micro scale the biocenosis composition and distribution indicated that environmental characteristics of Santos Bay directly influence the foraminifera assemblages. The results also suggest that the (pre) treatment of Santos sewage is inefficient, transforming the area of the diffusers into one more major focus of pollution in the bay.

1 – INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os ambientes costeiros brasileiros têm sofrido processos contínuos de degradação ambiental causados pela crescente pressão antrópica sobre os recursos naturais (IBAMA, 2002).

Em decorrência do adensamento urbano exponencial e sem planejamento, o mar passou a receber acidentalmente ou não, grandes quantidades de esgotos sanitários e resíduos gerados pelas áreas costeiras urbanizadas, o que fez com que ficasse em evidência a fragilidade da nossa infra-estrutura de saneamento básico.

A solução encontrada por muitas cidades brasileiras litorâneas, Fortaleza (CE), Salvador (BA), Vitória (ES), Niterói, Rio de Janeiro (RJ), São Sebastião (SP), Guarujá (SP), Santos (SP) e Praia Grande (SP), foi a disposição oceânica por meio de emissário submarino.

Quando bem projetados, os emissários submarinos representam método de remoção de efluentes domésticos seguro, reduzindo riscos de doenças de veiculação hídrica, promovendo melhorias ambientais, estéticas, da saúde, social e econômica (Gonçalves & Souza, 1997).

Entretanto, se no passado o oceano era considerado como corpo receptor ideal para a disposição de esgotos (domésticos e/ou industriais), devido sua elevada capacidade de assimilação e degradação, nos últimos anos este conceito vem sendo alterado, principalmente após impactos causados a flora e fauna (EPA, 2003).

Muitos estudos têm constatado que o impacto ambiental causado pelos efluentes lançados por emissários submarinos pode ter efeitos deletérios sobre a fauna e flora (Tommasi, 1979, 1987; Abessa, 1996, 2002; Rachid, 1996, 2002; Brasil-Lima, 1998; Frazão, 2001; Heitor, 2002; CETESB, 2005; Abessa *et al.*, 2005). Tal impacto é variável em função da composição e da concentração do esgoto, bem como do tratamento recebido. O efluente altera as características físicas, químicas e biológicas naturais do corpo receptor, afetando direta ou indiretamente o meio ambiente.

Dentre os possíveis impactos gerados pelos efluentes dispostos em ambiente marinho pode-se mencionar a contaminação microbiológica, enriquecimento da água por nutrientes, aumento da produtividade primária, da turbidez, ou seja, eutrofização do ambiente. Nas comunidades bentônicas, influenciadas pela diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, do pH, do potencial de oxi-redução, da

temperatura, da salinidade, assim como concentração de compostos tóxicos no sedimento de fundo (sulfetos e metano), pode ocorrer redução da biodiversidade com substituição de espécies sensíveis por outras mais resistentes e oportunistas.

Os sedimentos de fundo, depósito final do material particulado e dos poluentes a ele associados, podem representar fonte de poluentes para o ecossistema, mesmo após a melhoria da parte hídrica. Isto porque o sedimento é mais conservativo que a água.

É importante ressaltar, que a poluição em região de disposição oceânica de esgoto por meio de emissário submarino ocorre em diferentes níveis, sendo mais crítica no ponto de entrada do efluente no ambiente marinho (zona de mistura), tendendo a concentração de poluentes diminuir progressivamente a medida que se afasta da região dos difusores. Nesta área de mistura observa-se redução da diversidade assim como da abundância biológica. A determinação de uma área exata da zona de mistura é complexa, pois, assim como, é variável a diversidade de poluentes e configurações de descargas, cada corpo receptor possui características peculiares.

O efluente lançado pode ser concentrado em determinado local ou disperso em decorrência das condições oceanográficas e meteorológicas da região. Por exemplo, no Mar Mediterrâneo, a área sob influência da pluma do emissário submarino possui dimensão de oito quilômetros (Axiak *et al.*, 2000). Na Baixada Santista, a pluma do emissário submarino da Praia Grande pode percorrer vários quilômetros (FUNDESPA, 1996). Na Nova Zelândia (Porto de Wellington), os efeitos dos poluentes afetam comunidades bentônicas em um raio de 500 m.

Portanto, torna-se imprescindível a realização de estudos sobre a capacidade limite de recebimento de esgoto pelo meio ambiente, antes do estabelecimento do sistema de emissário submarino. Estes estudos devem ser multidisciplinares, abrangendo desde circulação local, associada a processos físicos de diluição, dispersão e transporte até coleta de dados sobre a biota (Occhipinti, 1972; Tommasi, 1987). Uma vez instalado o sistema, monitoramentos periódicos devem ser feitos, com o intuito de verificar se a qualidade das águas e dos sedimentos e a biota estão sendo alteradas.

2 – OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivos analisar a influência da disposição oceânica por meio de emissário submarino sobre as populações de foraminíferos e variáveis ambientais.

Para atingir tais objetivos serão feitos:

Macroescala – estações posicionadas em radiais, distribuídas perpendiculares a região costeira da Enseada do Guarujá e Baía de Santos

► Análise da composição das associações de foraminíferos da Enseada do Guarujá e da Baía de Santos, descrevendo suas variações espaciais e temporais em relação aos parâmetros hidrográficos e sedimentológicos, obtidos no inverno de 1997 e verão de 1998.

Microescala – estações posicionadas próximo aos difusores do emissário submarino de Santos

► Detalhamento da composição das associações de foraminíferos vivos

► Estudos hidrogeoquímicos, para analisar as concentrações de nutrientes na coluna d'água e grau de eutrofização

► Estudos hidrobiológicos, para analisar a presença de agentes patogênicos (coliformes fecais e enterococos)

► Estudos granulométricos

► Estudos geoquímicos, para verificar as concentrações carbono orgânico, nitrogênio, enxofre, fósforo total, inorgânico e orgânico. Com os resultados obtidos, serão feitas análises das razões C/N e C/P para identificação da origem da matéria orgânica. Razões C/S também serão feitas para identificar o grau de oxi-redução dos sedimentos.

Macro e Microescala

Em cada estação, macro e microescala serão feitas:

- ▶ Análises morfométricas nas carapaças dos foraminíferos, classificando-as em pequenas ($< 125 \mu\text{m}$), médias ($125 - 250 \mu\text{m}$), grandes ($250 - 500 \mu\text{m}$) e muito grandes ($>500 \mu\text{m}$).
- ▶ Caracterização das estruturas morfológicas das carapaças, ou seja, coloração, estado de preservação da carapaça (carapaças corroídas ou fragmentadas) e porcentagem de indivíduos teratológicos, correlacionando-as com variáveis abióticas.
- ▶ Posteriormente, os resultados obtidos no presente estudo foram confrontados entre si, bem como com outras regiões submetidas à descarga de emissários submarinos de esgoto.

3 – ÁREAS DE ESTUDO

A Baixada Santista (23°30'S – 24° e 46°W – 46,30'S), localizada ao sul do Trópico de Capricórnio, abrange os municípios de Bertioga, Guarujá, Santos, São Vicente, Cubatão, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe.

Devido ao condicionamento sedimentar atual, possui uma das mais importantes áreas de manguezais do estado de São Paulo, estruturada nos depósitos acumulados a partir de processos derivados de flutuações glácio-eustáticas do nível médio do mar no Pleistoceno e Holoceno (Heitor, 2002).

Banhada pelo Oceano Atlântico, a Baixada Santista sofre efeito da atuação de três massas de ar: a subtropical, a polar e a equatorial continental. A equatorial tem atuação máxima durante o verão, enquanto a subtropical e a polar durante o resto do ano. A região apresenta “clima litorâneo de transição”, quente e úmido (ou super úmido), sujeito a ampla oscilação térmica, sob ação direta do sistema de brisas e sem estação seca definida. Os períodos de transição são muito curtos quase inexistindo primavera e outono (CETESB, 1985).

A precipitação anual varia de 2000 a 2500 mm (Santos, 1965). A distribuição anual de chuvas possui concentração mais forte nos meses de janeiro a março (verão), enquanto as precipitações mais baixas ocorrem entre os meses de julho a agosto (inverno) (Santos, 1965).

Os ventos predominantes na região são os do quadrante S (11,6%), E (7,9%), LESSE (6,4%), SSW (5,8%) e SSE (4,7%), aparecendo com menor frequência os pertencentes ao quadrante N. Os ventos dominantes durante a primavera – verão são os de E, embora também se verifiquem ventos mais fortes de outros setores, como por exemplo, os de sul em outubro, ou os de noroeste em janeiro. De junho em diante predominam os ventos de sudoeste, pois são reforçados pela brisa terrestre, em virtude de maior resfriamento noturno do continente (Azevedo, 1964). A velocidade máxima de ventos registrada foi de 15,6 m/s, soprando na direção W (Marcellino, 2000).

Fig. 01 – Localização das áreas estudadas.

3.1 ENSEADA DO GUARUJÁ

A Enseada do Guarujá é um ambiente costeiro de plataforma continental aberta, com profundidade máxima de 20 m. Localiza-se na face sul da Ilha de Santo Amaro (24° 00' S – 47° 1'W), município do Guarujá. (Fig. 01).

A Ilha de Santo Amaro é constituída por embasamento cristalino de idade pré-devoniana, formado de granitos e rochas metamórficas, intensamente dobradas, cujas dobras dispõem-se paralelas à costa. Entre as rochas predominantes, destacam-se xistos, gnaisses e filitos. Ao lado do embasamento cristalino, que corresponde à parte acidentada do município do Guarujá, a cobertura sedimentar divide-se em: marinha (praias e restingas), intermediária (mangues) e terrígena, constituída de aluviões terrestres.

O relevo é formado por planície sedimentar de origem recente (idade holocênica), com predominância de areias e argilas. Apresenta altitude média em torno de 145 m, sendo a maior elevação verificada no Morro do Pitiú, com 300 m de altitude.

A hidrografia da Ilha de Santo Amaro é constituída pelas nascentes de água dos rios Santo Amaro, do Meio, da Pouca Saúde, Acaraú, Comprido, dos Patos, Maravatã, Perdido, Ostreiras, Crumarú, os quais deságuam no estuário de Santos e no Canal de Bertioga. O Rio Iracema é o principal rio que deságua na Enseada do Guarujá.

A Enseada do Guarujá possui geometria alongada, sendo ambiente bastante exposto à ação de ondas e de correntes de maré. Contudo, algumas pequenas ilhas em seu interior, como Ilha da Moela (maior de todas), Ilha de Pau a Pino, Ilha Pombeba e Ilha das Cabras, constituem anteparos naturais à incidência das ondas. No interior da enseada há várias praias, como a do Tombo, Pitangueiras, da Enseada, sendo esta última a maior de todas.

Dunas embrionárias ocorrem na porção central da Praia da Enseada, sendo este o trecho mais aberto e o que possui maior disponibilidade de sedimentos (Souza, 1997). Essa concentração de sedimentos se deve ao fato das correntes que atuam ao largo e ao sul dessa área trazerem grande volume de material (HIDROCONSULT, 1975).

Segundo Souza (1997), a Praia da Enseada tem regime energético de ondas do tipo intermediário e dissipativo de alta energia, com inclinação média entre 2 e 4° na antepraia e face litorânea. As quebras são do tipo deslizante mergulhante, em número

de 2 a 4. Geralmente barras de deriva litorânea interrompidas e em forma de crescente estão presentes. As bernas são incipientes.

Na enseada, a direção predominante das correntes de superfície é para o SSE, existindo, no entanto, condições oceanográficas que geram correntes convergentes à costa, atingindo a praia. As correntes superficiais apresentam velocidade de 5 cm/s a 15 cm/s. Nas proximidades do fundo, o valor médio da velocidade é maior do que o da superfície, ou seja, 6 cm/s, e os movimentos convergentes à praia chegam a intensidades de até 28 cm/s (Marcellino, 2000).

3.1.1 Características do Emissário Submarino da Enseada do Guarujá

. Tratamento na Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC)

Os esgotos produzidos são encaminhados a EPC Vila Zilda.

Na EPC o esgoto passa por caixas de areia (3 caixas), nas quais por meio de bomba centrífuga com motor recuado, é feita a remoção de areia e encaminhamento para o classificador de areia, onde é feito o processo de remoção de matéria orgânica.

Após a remoção da areia, o líquido com a matéria orgânica retorna para a caixa de entrada, passando por duas peneiras, com malha de 1,5 mm, para a retirada do material em suspensão. Posteriormente o líquido é tratado com cloro gasoso a 25 ppm.

. Emissário submarino

O emissário submarino da Enseada do Guarujá, constituído de uma parte terrestre e submarina, está em operação desde 1988.

O emissário terrestre construído em aço, possui diâmetro de 1,20 m e extensão de 2.200 m. Através do emissário terrestre o esgoto pré-condicionado retorna para a praia, confluência da Rua Chile, sendo, posteriormente encaminhado para o emissário submarino.

Localizado na Praia da Enseada, a uma profundidade de 14 m, o emissário submarino, com extensão de 4.500 m e diâmetro externo de 0,4 m, foi construído em polietileno de alta densidade (PEAD) (CETESB, 2003).

O trecho difusor, utilizado para auxiliar na diluição do efluente no mar, possui 150 orifícios difusores com diâmetro de 0,6 cm cada, distribuídos em uma extensão de 300 m.

O emissário do Guarujá atende a uma população máxima de aproximadamente 445.800 pessoas, sendo sua vazão máxima de 1,45 m³/s.

. Rompimentos

O emissário submarino do Guarujá sofreu três rompimentos entre o período de 1991 a 1997.

O primeiro rompimento (março/91) ocorreu a 2.800 m da linha de costa, próximo a Ilha das Cabras. O segundo rompimento ocorreu a 1.100 m e o último, no ano de 1997, a 500 m da linha de costa.

Os dois primeiros rompimentos ocorreram nos carretéis de união de tramos, possivelmente devido à ausência de contrapesos (poitas) e o último, por rompimento da tubulação junto a flange do carretel, devido a esforços excessivos sobre a tubulação.

Durante o período de restauração do emissário, o efluente doméstico foi disposto *in natura* no ambiente marinho (FUNDESPA, 1999).

3.2 BAÍA DE SANTOS

Com área de 280 km², Santos divide-se em uma parte pouco ocupada devido à escarpa da Serra do Mar e uma parte insular, na Ilha de São Vicente, onde concentra-se as atividades econômicas, bem como a população, a qual segundo o IBGE (2000) é constituída de 417.777 habitantes fixos.

Santos possui grande influência econômica para o estado de São Paulo, pois além ter o maior porto exportador e importador do país (Porto de Santos), e estar ao lado de uma das maiores áreas industriais do estado (complexo de Cubatão), é também importante centro turístico, podendo receber em época de temporada 100.000 turistas.

A Baía de Santos, ambiente aberto diretamente ao mar, caracteriza-se pela troca entre as águas oceânicas e as águas provenientes dos estuários de Santos e São Vicente.

Apesar de possuir circulação característica de estuário, não se enquadra a modelo simples de circulação. Possui diversos tipos de transição de circulação, distinguindo-se fluxo unidirecional, resultante de correntes originariamente fluviais canalizadas pelo canal do porto de Santos (Frazão, 2001). No entanto, no meio da baía, também se verifica sistema de circulação que depende das correntes, com circulação anti-horária ao redor da linha de costa na maré baixa. Durante a maré cheia, há forte corrente vinda da costa no meio da baía, em direção ao mar (COHAB, 1991, *apud* Marcellino 2000).

As marés no litoral de Santos, são do tipo semidiurnas, com desigualdades diurnas (tipo misto e semidiurnas), possuindo período médio de marés de 12,4 horas. As máximas flutuações produzidas por efeito simultâneo das marés meteorológicas e astronômicas podem alcançar cerca de 3,0 m em 2 a 4 dias (Marcellino, 2000).

Com relação as correntes verificou-se que a média alcançada é de 40 cm/s, podendo aumentar, em superfície, para 60 cm/s a medida que se aproximam da praia (Marcellino, 2000).

A Baía de Santos possui intensa estratificação, sendo verificado nos primeiros 2 m a presença de água menos salina, prevalecendo na camada inferior águas costeiras com maior salinidade. A estratificação presente na baía é de grande importância, pois faz com que a pluma de esgoto fique submersa e seja transportada para fora da baía (Marcellino, 2000).

Os sedimentos de fundo do estuário e da Baía de Santos são predominantemente constituídos de areia muito fina e silte fino (Fúlfaro & Ponçano, 1976). De acordo com a composição e distribuição dos sedimentos, a Baía de Santos pode ser dividida em dois setores distintos: a oeste, sob influência marinha, predominam sedimentos arenosos, e a leste, sob influência do Canal do Porto, predominam sedimentos finos (Fúlfaro & Ponçano, 1976).

A Baía de Santos apresenta sistema complexo de concentração/dispersão de efluentes, o qual é diretamente influenciado pela ação de ventos e correntes, podendo tanto ocorrer concentração em determinado local próximo a fonte, como ocorrer dispersão, a qual será evidente a vários quilômetros de distância, aumentando a área impactada.

Segundo Marcellino (2000), em determinadas condições meteorológico-oceanográficas, ou seja, marés de quadratura ou nas condições de estufa da maré, a pluma, originada pelo aporte do efluente, mantém-se em área relativamente restrita, revelando possibilidades de acumulação e de baixos índices de dispersão. Contudo, em outras condições, o mesmo autor, verificou transporte advectivo vigoroso unidirecional, sendo possível a pluma de esgotos convergir para as praias com velocidades de 50 cm/s, mantendo em alguns trechos, velocidades médias de aproximadamente 70 cm/s durante intervalos superiores a 1 hora.

3.2.1 Características do Emissário Submarino de Santos

. Tratamento na Estação de Pré-Condicionamento de Esgoto (EPC)

O esgoto de Santos e São Vicente é primeiramente direcionado para a EPC, localizada na Praia de José Menino, onde o material sólido é separado através de grades de 10 e 4 cm. Posteriormente, o esgoto é clorado, passado por peneiras rotativas horizontais com malha de 1,5 mm, sendo então enviado para caixas de areia. Na saída das caixas, o esgoto é novamente clorado, e enviado para o emissário submarino em fluxo constante.

O total de cloro utilização na pré e pós-cloração é de 15 ppm.

. Emissário submarino

Dentre os emissários submarinos em operação no litoral paulista, o emissário de Santos é o mais antigo, em operação desde 1978. Basicamente é composto por um emissário terrestre e por um emissário submarino com extensão de 4.007 m.

O emissário terrestre, constituído por um tubo de concreto de 1,50 m de diâmetro, tem início na Rua Newton Prado e finalizando-se na praia, perfazendo uma extensão de 242 m.

O emissário submarino atravessa a praia, em direção NS. Possui comprimento de 3.800 m e diâmetro de 1,75 m. A tubulação, construída com tubos de aço com chapa de 19 mm de espessura e revestimento externo de concreto de 23 cm de

espessura, encontra-se enterrada em vala com profundidade média de 5 m, desembocando na região central da Baía de Santos.

O trecho difusor tem extensão de 200 m, de onde saem 40 tubos verticais (tubos difusores), espaçados entre si a cada 5 m. Possuem diâmetro interno de 0,30 m e afloram a 0,50 m no fundo do mar. A extremidade jusante do difusor possui curva terminal dotada de “plug” removível, no qual existe um orifício de 0,30 m, cuja finalidade é garantir fluxo permanente (Marcellino, 2000). Atualmente somente 16 tubos difusores estão em funcionamento (CETESB, 2005).

O emissário de Santos possui descarga contínua, possuindo vazão máxima de $7,267 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, contudo a carga média é de $1,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

4 – MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedência das amostras

Foram estudadas 60 amostras coletadas na Enseada do Guarujá e Baía de Santos, durante três cruzeiros oceanográficos, realizados pela Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas (FUNDESPA) e pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

Nos cruzeiros realizados pela FUNDESPA, inverno de 1997 e verão de 1998, foi utilizada rede amostral constituída de três radiais perpendiculares à costa. Em cada radial foram utilizados quatro pontos amostrais, situados nas profundidades de 5, 10 e 20 m. Na Enseada do Guarujá, foram estudadas 26 amostras: 24 provenientes da região situada entre as ilhas da Moela e das Cabras e duas amostras coletadas nas imediações da Ponta Munduba (Fig. 1). Na Baía de Santos foram analisadas 24 amostras (Fig. 1).

No cruzeiro oceanográfico realizado pela CETESB, no verão de 2004, foi utilizada malha amostral do tipo quadrado crescente (Arasaki, 2004), com 10 pontos amostrais espaçados a cada 50 ou 100 m. Essa rede situou-se exatamente na saída dos difusores do emissário submarino de esgoto da Baía de Santos.

Em cada ponto amostral das radiais e/ou do quadrado crescente foram obtidos dados hidrográficos e coletados materiais para análises sedimentológicas (granulométricas e geoquímicas) e do conteúdo de foraminíferos.

Os dados sedimentológicos e hidrográficos descritos em FUNDESPA (1999) e Heitor (2002), bem como os resultados dos dados do material coletado pela CETESB foram tabulados e re-analisados sob a forma de mapas, por meio do Programa Surfer, versão 8.0 (Surface Mapping System, Golden Software Inc.).

Nos mapas foram utilizados os parâmetros hidrográficos: profundidade, temperatura, salinidade, transparência da água (Disco de Secchi), turbidez, coeficiente de extinção de luz, oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio amoniacal e Kjeldahl, fósforo total, ortofosfato, clorofila-a, feofitina, coliforme fecal, enterococos e sedimentológicos: diâmetro médio, desvio padrão, porcentagens de areia, lama, carbonato de cálcio, carbono orgânico, nitrogênio total, enxofre total, fósforo total, fósforo inorgânico e orgânico e as Razões C/N, C/S e C/P.

4.2 Métodos de análises hidrográficas, hidrogeoquímicas e hidrobiológicas

Os parâmetros hidrográficos, hidrogeoquímicos e hidrobiológicos fornecidos pela CETESB, mencionados abaixo, foram determinados segundo procedimento descrito na Norma Técnica CETESB ou Norma Técnica Brasileira (NBR-ABTN) pertinente, com revisão de procedimento operacional baseado em método similar descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th ed. (1995).

4.2.1 Parâmetros físico-químicos

O posicionamento das estações foi obtido por meio de GPS (Global Positioning System) e as profundidades por ecossonda.

A transparência da água foi obtida por meio de Disco de Secchi.

Para obtenção da turbidez, utilizou-se o método Nefolométrico, onde é medida em turbidímetro a intensidade da luz dispersa pela amostra em ângulo de 90° com a direção da luz incidente, em relação à intensidade da luz dispersa por uma suspensão-padrão de formazina nas mesmas condições.

A temperatura na superfície da água foi obtida por meio de termômetro de imersão total, sendo o termômetro reversível utilizado em intervalos de 1 m, desde a superfície até 1 m acima do fundo da área analisada.

Os dados de salinidade foram obtidos por CTD (Conductivity, Temperature, Depth) Seacat.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado potenciometricamente mergulhando-se o eletrodo combinado de pH na amostra.

Para análise de oxigênio dissolvido (OD), as amostras foram coletadas em intervalos de 1 m da superfície até 1 m acima do fundo, com garrafas do tipo “van Dorn” e de oxigênio dissolvido (batiscafo). A preservação das amostras, método de Winkler modificado (utilização de ázida sódica na preservação), bem como, a determinação de OD foi feita de acordo com a Norma Técnica CETESB L5.169 (1968).

Os dados de nitrogênio amoniacal foram determinados por meio de fotolorimetria automática, com mistura fenol alcalina. Para determinação do nitrogênio Kjeldahl cada amostra foi previamente submetida à digestão com mistura oxidante de ácido sulfúrico/sulfato de potássio em processo térmico.

O fósforo total foi obtido por digestão prévia, de cada amostra, em mistura com oxidante de ácido sulfúrico/sulfato de potássio/óxido de mercúrio em processo térmico. O ortofosfato foi determinado por meio de fotolorimetria automática com molibdato e ácido ascórbico.

4.2.2 Parâmetros microbiológicos

A análise de coliformes totais/fecais e enterococos foi realizada de acordo com a Norma Técnica CETESB L5.202 (1993), sendo a determinação feita pela técnica de tubos múltiplos.

Os coliformes fecais ou termotolerantes são definidos como organismos do grupo coliforme capazes de fermentar lactose a 44 – 45°C. Basicamente compreendem os gêneros *Escherichia*, e algumas linhagens termotolerantes do gênero *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, sendo somente *Escherichia coli* especificamente de origem fecal.

Por serem restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente, as bactérias do grupo coliforme são utilizadas como principais indicadores de contaminação fecal,

podendo haver presença de patógenos. Desta forma, a presença destes organismos no meio ambiente indica a possibilidade de contaminação com organismos patogênicos provenientes de descarga de efluentes de esgoto (Metcalf & Eddy, 1991).

Os enterococos constituem sub-grupo dos estreptococos fecais nos quais são incluídas as espécies: *E. faecium*, *E. faecalis*, *E. avium* e *E. gallinarium*.

De todos os indicadores microbiológicos utilizados para avaliação da qualidade de águas recreacionais, os enterococos são os bioindicadores que dão melhor resposta, pois estão associados exclusivamente a despejos fecais, sendo mais resistentes, resistindo até mesmo a tratamentos de esgotos, como por exemplo, cloração.

4.2.3 Parâmetros hidrobiológicos

As amostras para determinação dos teores de clorofila-a e feotifina foram coletadas em duplicatas na superfície, sendo aleatória a distância entre elas. Alíquotas foram acondicionadas em frascos de cor âmbar de 1 l, sendo preservadas com 1 ml de carbonato de magnésio ($MgCO_3$)-1% e mantidas sob refrigeração até a análise. Posteriormente foram filtradas em prazo máximo de 24 horas.

O material retido no filtro foi extraído com acetona, sendo determinados os teores de clorofila-a e feotifina pelo método espectofotométrico descrito na Norma CETESB L5.306 (1990).

A clorofila-a é, além dos carotenóides e ficobilinas, um dos principais pigmentos responsáveis pelos processos fotossintéticos. Por ser a mais comum das clorofilas (a, b, c, d) representa aproximadamente de 1 a 2% do peso seco de material orgânico em todas as algas planctônicas, fato que a faz indicadora de biomassa algal (Wetzel & Likens, 1991), sendo, portanto, considerada como principal variável indicadora do estado trófico de ambientes aquáticos.

4.2.4 Tratamento dos dados hidrográficos e hidrobiológicos

O limite de luz na zona eufótica, foi definido pelo cálculo do coeficiente de extinção de luz segundo Poole & Atkins (1929): $K = 1,7d$, onde K é igual ao coeficiente

de extinção de luz, d é igual à profundidade de desaparecimento do disco de Secchi, e 1,7 é igual a constante calculada.

O Índice do Estado Trófico (IET) adotado, é o índice clássico introduzido por Carlson (1977), modificado por Toledo *et al.* (1983) e por Toletto (1990). Estes dois últimos autores alteraram as expressões originais para adequá-las a ambientes subtropicais. O IET utiliza os valores obtidos para os índices de estado trófico das seguintes variáveis: transparência (S) (disco de Secchi), clorofila-a (Cl) e o fósforo total (P), os quais são calculados através das seguintes equações:

$$\text{IET (P)} = 10 (6 - \ln (80,32 / P)) / \ln 2, \text{ sendo P em } \mu\text{g L}^{-1}$$

$$\text{IET (S)} = 10 (6 - (0,64 + \ln S)) / \ln 2$$

$$\text{IET (Cl)} = 10 (6 - (2,04 - 0,695 \ln [\text{Cl}])) / \ln 2, \text{ sendo Cl em } \mu\text{g L}^{-1}$$

$$\text{IET} = \{ \text{IET (P)} + \text{IET (S)} + \text{IET (Cl)} \} / 3$$

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade avaliar o grau de enriquecimento do corpo de água por nutrientes, bem como seu potencial para o crescimento excessivo de algas. Para classificação do IET foram adotados os estados de trofia: oligotrófico (IET = 44), mesotrófico ($44 < \text{IET} \leq 54$), eutrófico ($54 < \text{IET} \leq 74$) e hipereutrófico ($\text{IET} > 74$).

Para identificação de massa de água foi elaborado diagrama T/S, utilizando-se os dados de temperatura e salinidade obtidos em cada estação. A identificação foi feita de acordo com os índices termohalinos propostos por Miranda (1982), sendo:

Água Tropical (AT): $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36,4$ UPS

Água Costeira (AC): $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S < 35$ UPS

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): $T 9 - 18^{\circ}\text{C}$; $S 34,5 - 36$ UPS

4.3 Métodos de análises sedimentológicas

Os métodos e resultados sedimentológicos coletados pela FUNDESPA estão descritos em Heitor (2002). Já o material coletado pela CETESB foi encaminhado para os laboratórios de Sedimentologia e de Química do IGcUSP, onde foram feitas análises granulométricas e geoquímicas.

As análises granulométricas foram feitas por meio de técnicas de peneiramento e pipetagem descritas em Suguio (1973). Os teores de carbonato de cálcio foram obtidos por dissolução ácida em HCl a 10% e diferença de peso (Gross, 1971).

As análises de carbono, nitrogênio foram realizadas no aparelho CHN-1000 e as de enxofre no aparelho SC-432, ambos da LECO ®.

As análises de fósforo total, inorgânico e orgânico foram realizadas no Laboratório de Química da UNIFIEO, pelo método proposto por Legg e Black (1955) modificado.

Os valores de diâmetro médio foram classificados segundo Wentworth (1922) e o grau de seleção segundo Folk & Ward (1957). Quanto aos teores de carbonato biodetrítico, foi utilizada a classificação proposta por Larssonneur *et al.* (1982). Segundo este autor, sedimentos que apresentam menos de 30% de CaCO_3 são considerados litoclásticos; sedimentos com 30 a 50% litobioclásticos; sedimentos com 50 a 70% biolitoclásticos e sedimentos com mais de 70% bioclásticos.

Os valores das razões C/N foram utilizados para demonstrar a origem da matéria orgânica. De acordo com Bader (1955), a razão C/N com valores abaixo de 6 indica M.O. de origem marinha, e acima de 15, M.O de origem continental. Os valores intermediários indicam mistura de fontes marinha e continental.

Para Saito *et al.* (1989) valores de razão C/N acima de 20 indica M.O.de origem continental e entre 5 e 7 como marinha. De acordo com Maglioca & Kutner (1964) valores para a Razão C/N acima de 10, indicam aumento de detritos vegetais, com elevado conteúdo de lignina e celulose.

Para demonstrar a origem da matéria orgânica, também foram analisados os valores das Razões C/P. De acordo com Ruttenberg & Goñi (1997) razões de C/P acima de 106, indicam sedimentos enriquecidos com matéria orgânica de origem continental.

Os valores das razões C/S foram utilizados para inferir o potencial de oxidação do ambiente, onde valores de razão inferiores a 3 indicam ambiente redutor e acima de 3 ambiente oxidante (Stein, 1991; Borrego *et al.*, 1998).

4.4 Métodos de análises da microfauna - Foraminíferos

Do sedimento corado foram retiradas alíquotas de 10 cc, as quais foram peneiradas a úmido em peneiras de 0,500 e 0,062 mm (Schröder *et al.*, 1987). As frações retidas nas peneiras foram secas e submetidas à análise densimétrica por flutuação-afundamento em tricloroetileno, visando separar os foraminíferos do sedimento (Scott *et al.*, 2001).

Posteriormente, as carapaças de foraminíferos foram triadas, fixadas com goma adragante em lâminas de fundo escuro (porta foraminíferos), identificadas e contadas. Algumas amostras foram subamostradas por possuírem valor muito elevado de indivíduos (acima de 300 espécimes).

A classificação genérica dos foraminíferos baseou-se em Loeblich & Tappan (1964, 1988) e a identificação em nível de espécies no atlas de foraminíferos do Atlântico sul (Boltovskoy *et al.*, 1980), e nos exemplares da coleção micropaleontológica do IGcUSP.

Após a identificação taxonômica foram elaborados mapas: 1) dos principais parâmetros populacionais (dados de densidade e riqueza), das porcentagens das subordens Rotaliina, Miliolina e Textulariina, 2) de distribuição de espécies bioindicadoras baseado nos dados apresentados em Boltovskoy (1958) e Duleba *et al.* (2005). De acordo com esses trabalhos, são espécies indicadoras da: 1) Água Costeira (AC): *Ammonia* spp., *Criboelphidium* spp. e *Pararotalia cananeaensis*; 2) Água Costeira e de ambientes ricos em matéria orgânica: *Bolivina* spp., *Buliminella elegantissima*, *Fursenkoina pontoni* e *Pseudononion* spp.; 3) Água Costeira e de ambientes com energia hidrodinâmica moderada a forte: espécies pertencentes às famílias Cibicidae, Discorbidae, Rosalinidae e Galvenellidae; 4) Água Central do Atlântico Sul (ACAS): *Angulogerina angulosa*, *Buccella peruviana* f. *campsi*, *Cassidulina crassa* e *Globigerina bulloides*; 5) Água Tropical (AT): *Bulimina* spp., *Globigerinoides rubber*, *Uvigerina* spp.

Nos mapas de distribuição as espécies bioindicadoras, foram divididas em dominantes (> de 50% da amostra), subdominantes (49 – 25%), acessórias (24 – 5%) e raras (< 5%).

Posteriormente, todas as carapaças triadas foram fotografadas em câmara digital, acoplada em microscópio estereoscópio. A partir das imagens digitais obtidas, foram feitas análises morfométricas utilizando-se o analisador de Imagens Leica QWin 550 IW. Carapaças foram agrupadas em pequenas (< 125 µm), médias (125 – 250 µm), grandes (250 – 500 µm) e muito grandes (> 500 µm).

Foram realizadas também análises tafonômicas, quantificando o número de carapaças 1) preenchidas por monossulfeto de ferro ou matéria orgânica; 2) impregnadas por óxido de ferro; 3) inteiras (i.e., sem vestígios de abrasão mecânica ou corrosão química); 4) parcial ou totalmente fragmentadas.

. Tanatocenose e Biocenose – Microescala

Para obtenção mínima de 100 indivíduos vivos, no momento da coleta, houve a necessidade de analisar de 20 a 110 cc de sedimento. Em ambientes marinhos não poluídos a quantidade padrão de sedimento é de 10 cc.

As carapaças vazias, que compõem a tanatocenose, indicam o acúmulo de vários períodos, pois possuem comportamento semelhante a um grão o qual pode ser transportado ou não, sendo dependente principalmente da atuação da circulação hídrica. Já as biocenoses refletem as alterações ambientais que estão ocorrendo no ecossistema.

Portanto, no presente estudo os dados da tanatocenose foram utilizados para análise de circulação hídrica e massas de água, e as biocenoses foram utilizadas para analisar a influência da disposição oceânica por meio de emissário submarino sobre as associações de foraminíferos.

4.5 Análise Canônica

Para verificar as possíveis relações das espécies de foraminíferos e tectamebas com as variáveis ambientais da Baía de Santos e Enseada do Guarujá (macro e microescala) foi feita Análise de Correspondência Canônica (ACC), por meio do programa CANOCO, versão 4.5 for Windows (ter Braak and Smilauer, 2002).

Para a construção da matriz de dados biológicos (15 espécies X 38 estações) foram consideradas somente as espécies vivas mais representativas das 38 estações analisadas. Para a construção da matriz de dados ambientais foram consideradas 14 variáveis provenientes das informações obtidas em cada estação (temperatura, salinidade de fundo, grau de seleção, diâmetro médio, porcentagens de areia, lama, carbono orgânico, nitrogênio, enxofre, razões C/N, C/S, clorofila *a* e feofitina).

A relação de cada uma das variáveis ambientais com a matriz de dados biológicos foi verificada pelo teste estatístico de Monte Carlo (Manly, 1991), com 999 permutações.

5 – RESULTADOS

5.1 GUARUJÁ

5.1.1 Dados hidrográficos

As amostras foram coletadas em profundidades que variam entre 4 e 20 m (Tabs. 01 e 2, Fig. 2A). A temperatura da água de fundo do inverno apresenta variação de 20,71 a 22,70°C e a do verão 25,02 a 30,62°C (Tabs. 1 e 2; Figs. 2B e 2D). As temperaturas mais altas nos dois períodos são verificadas próximas à linha de costa, mais precisamente nas estações 1 e 9, e as mais baixas nas estações 4 e 5, localizadas nas isóbatas de 19 e 20 m, respectivamente.

A salinidade do inverno não apresenta grande variação (34,26 a 35,82 UPS), ao passo que a do verão, os valores oscilam entre 29,90 e 35,32 UPS (Figs. 2C e 2E). Os valores mais altos de salinidade no verão estão presentes nas estações 4 e 5 (35,32 e 35,21) e os mais baixos nas estações 1 e 9 (30,78 e 29,90) (Fig. 2E).

A partir da análise do diagrama T/S verifica-se que a massa de água predominante na Enseada do Guarujá é a Água Costeira (Figs. 3 e 4).

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade (m)	Temperatura de fundo (°C)	Salinidade de fundo (UPS)
01	23,992	46,208	04	22,69	34,33
02	24,004	46,198	12	21,87	34,47
03	24,025	46,199	16	21,34	35,42
04	24,051	46,199	20	20,71	35,82
05	24,051	46,222	19	20,93	35,71
06	24,026	46,225	14	21,82	34,55
07	24,004	46,225	10	21,94	34,53
08	23,991	46,225	06	22,04	34,48
09	23,998	46,247	08	22,70	34,39
10	24,004	46,255	07	22,29	34,26
11	24,025	46,254	11	21,81	34,45
12	24,050	46,255	16	21,63	34,88
13	24,044	46,275	16	21,68	34,40

Tab. 1 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Enseada do Guarujá no inverno de 1997. Dados retirados de FUNDESPA (1999).

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade (m)	Temperatura de fundo (°C)	Salinidade de fundo UPS
01	23,992	46,208	04	30,62	30,78
02	24,004	46,198	12	25,80	34,98
03	24,025	46,199	16	25,34	35,14
04	24,051	46,199	20	25,02	35,32
05	24,051	46,222	19	25,04	35,15
06	24,026	46,225	14	26,19	34,99
07	24,004	46,225	10	26,87	34,64
08	23,991	46,225	06	28,75	32,30
09	23,998	46,247	08	30,62	29,90
10	24,004	46,255	07	30,05	31,10
11	24,025	46,254	11	26,41	35,02
12	24,050	46,255	16	25,41	35,21
13	24,044	46,275	16	26,14	34,91

Tab. 2 - Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Enseada do Guarujá no verão de 1998. Dados retirados de FUNDESPA (1999).

Fig. 02 – Dados hidrográficos: A) Profundidade, B) Temperatura (inverno), C) Salinidade (inverno), D) Temperatura (verão) e E) Salinidade (verão).

Fig. 3 - Diagrama T/S – Dados obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá.

Fig. 4 – Diagrama T/S - Dados obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá.

Água Costeira (AC): $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S < 35$ UPS

Água Tropical (AT) : $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36,4$ UPS

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): T 9 a 18°C ; S 34,5 a 36 UPS

5.1.2 Parâmetros Sedimentológicos

5.1.2.1 Granulometria

. Inverno/97

As amostras coletadas na porção oeste (estações 9, 10, 11, 12) e próximas à linha de costa (estações 1 e 8) são constituídas de areia fina a muito fina, com grau de seleção de pobremente a muito bem selecionado (Tab. 3; Figs. 5A e 5C). As maiores porcentagens de areia são observadas nas estações 1, 8, 10 e 11 (Fig. 5E). Exceção a este padrão, ocorre na estação 13, situada entre a Ilha da Moela e a Ponta da Munduba. Neste local ocorre deposição de silte médio (Fig. 5A). As amostras da região centro-leste (estações 2 a 7) são caracterizadas pela presença de silte (fino a grosso), com grau de seleção muito pobre a pobremente selecionado (Tab. 3; Figs. 5A e 5C). Particularmente nas estações posicionadas próximas ao emissário submarino de esgoto, as porcentagens de lama são bastante elevadas (Fig. 5G). Baseado nestes resultados, pode-se dividir a Enseada do Guarujá em dois setores morfossedimentares distintos: um a oeste e o outro posicionado na região centro-leste.

. Verão/98

Os sedimentos coletados no verão apresentam o mesmo padrão de distribuição dos sedimentos coletados no inverno (Tabs. 3 e 4). No entanto, no verão observa-se aumento significativo na porcentagem de areia nas estações 6, 9 e 13 (Figs. 5B e 5F).

As porcentagens de lama diminuem nas imediações do emissário (Fig. 5H).

Estações	D. Médio Φ	Classificação Wentword (1922)	G. Seleção	Classificação Folk & Ward (1957)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Lama (%) (Silte + Argila)
01	2,99	areia fina	0,30	muito bem selecionado	99,63	0,24	0,00	0,24
02	6,02	silte fino	2,06	muito pobremente selecionado	30,86	42,16	26,98	69,14
03	4,44	silte grosso	1,62	pobremente selecionado	75,76	12,12	12,12	24,24
04	3,84	areia muito fina	1,35	pobremente selecionado	79,17	12,15	8,68	20,83
05	5,27	silte médio	1,99	pobremente selecionado	48,51	32,61	18,88	51,49
06	6,16	silte fino	1,91	pobremente selecionado	16,64	57,84	25,52	83,36
07	6,21	silte fino	2,05	muito pobremente selecionado	22,87	41,92	35,21	77,13
08	3,04	areia muito fina	0,41	bem selecionado	99,19	0,81	0,00	0,81
09	3,59	areia muito fina	0,90	moderadamente selecionado	78,31	21,69	0,00	21,69
10	2,99	areia fina	0,38	bem selecionado	98,93	1,07	0,00	1,07
11	3,40	areia muito fina	0,33	muito bem selecionado	98,37	1,57	0,00	1,57
12	3,50	areia muito fina	0,87	moderadamente selecionado	86,36	11,94	1,71	13,65
13	5,33	silte médio	2,13	muito pobremente selecionado	46,36	30,17	23,47	53,64

Tab. 3 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo, obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Estações	D. Médio Φ	Classificação Wentword (1922)	G. Seleção	Classificação Folk & Ward (1957)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Lama (%) (Silte + Argila)
01	3,01	areia muito fina	0,34	muito bem selecionado	98,60	1,40	0,00	1,40
02	6,16	silte fino	2,06	muito pobremente selecionado	30,08	37,52	32,40	69,92
03	5,00	silte grosso	2,12	muito pobremente selecionado	69,65	11,80	18,55	30,35
04	4,94	silte grosso	2,18	muito pobremente selecionado	67,31	15,49	17,21	32,70
05	5,43	silte médio	2,15	muito pobremente selecionado	45,34	27,33	27,33	54,66
06	5,39	silte médio	2,10	muito pobremente selecionado	43,88	32,31	23,81	56,12
07	5,84	silte médio	2,11	muito pobremente selecionado	36,75	31,62	31,62	63,24
08	3,12	areia muito fina	0,40	bem selecionado	99,19	0,81	0,00	0,81
09	3,02	areia muito fina	0,44	bem selecionado	98,37	1,63	0,00	1,63
10	3,04	areia muito fina	0,43	bem selecionado	98,23	1,60	0,00	1,60
11	3,54	areia muito fina	0,80	moderadamente selecionado	89,13	7,53	3,33	10,86
12	3,53	areia muito fina	0,67	moderadamente bem selecionado	87,95	8,61	3,44	12,05
13	3,56	areia muito fina	1,21	pobremente selecionado	82,90	10,26	6,84	17,10

Tab. 4 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo, obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Fig. 5 – Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos na Enseada do Guarujá:
A) Diâmetro Médio (inverno), B) Diâmetro Médio (verão), C) Grau de Seleção (inverno), D) Grau de Seleção (verão);

Fig. 05 (cont.): Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos na Enseada do Guarujá:

- E) % de areia (inverno),
- F) % de areia (verão),
- G) % de lama (inverno) e
- H) % de lama (verão).

5.1.2.2 Carbonato de cálcio

. Inverno/97

Os teores de carbonato de cálcio variam de 3,19 a 21,89%, o que permite classificar a Enseada do Guarujá como ambiente de sedimentação litoclástica (Tab. 5, Fig. 6A). As maiores concentrações encontram-se nas amostras 02 (região leste), 10 e 13 (região oeste) e as menores nas estações 1 e 8, localizadas na porção mais interna da enseada (Fig. 6A).

. Verão/98

Os sedimentos continuam sendo exclusivamente litoclásticos, com porcentagens de carbonato biodetrítico variando de 4,02 a 19,48% (Tab.6, Fig. 6B). No verão verifica-se significativa diminuição de percentual nas estações 2 – 3, 9 - 11 e 13 (cf. Tabs. 5 e 6), ocorrendo o contrário na estação 6, na qual ocorreu elevação de teor de 11,68% para 17,7% (Fig. 6B).

5.1.2.3 Carbono orgânico

. Inverno/97

Os teores de carbono variam de 0,097 a 1,307%. (Tab. 5, Fig. 6C). As maiores concentrações são encontradas nas estações 6 (1,307%) e 13 (1,244%) e as menores nas estações 1 (0,099%) e 8 (0,097%), localizadas na porção mais próxima da linha de costa. (Fig. 6C).

. Verão/98

Os valores obtidos no verão são menores que os do inverno (Tab. 6). As maiores concentrações estão presentes nas estações 5 e 7 e as menores na porção mais interna da enseada, mais precisamente nas estações 1, 9 e 10. (Fig. 6D).

5.1.2.4 Nitrogênio Total

. Inverno/97

Verifica-se ausência de nitrogênio total nas estações 1, 8, 10 (região norte), 11 e 12 (região oeste), e quase ausência na estação 9 (região norte) (Tab. 5, Fig. 6E). As maiores concentrações estão presentes nas estações 6, 7 (localizadas próximo ao emissário submarino) e na estação 13, situada próxima às áreas de dragagem de sedimentos pela CODESP – Companhia de Docas do Estado de São Paulo (Fig. 6E).

. Verão/98

Ao contrário dos resultados obtidos no inverno de 1997, verifica-se presença de teores de nitrogênio em todas as amostras, com percentuais variando entre 0,003 a 0,102%. (Tab. 6, Fig. 6F). As maiores concentrações estão presentes nas amostras 7 e 5, localizadas na região norte e sul, respectivamente, existindo quase ausência na porção mais interna da enseada (i.e., estações 8, 9 e 10).

5.1.2.5 Enxofre

. Inverno/97

Apesar de ter sido detectado enxofre em todas as amostras, seu teor variou muito em função da localização da estação na enseada. Por exemplo, os teores oscilam de 0,006 a 1,425%. (Tab. 5, Fig. 6G). Nas estações 1, 8, 10 e 11 ocorrem somente traços de enxofre (Fig. 6G). Ao passo que nas estações 2, 6 e 7 foram encontradas as maiores concentrações. Particularmente na a estação 6 (posicionada próxima à saída do emissário), observa-se o teor mais elevado de enxofre (1,425%).

. Verão/98

Os resultados das análises de teor de enxofre indicam diminuição significativa em relação aos resultados obtidos para o inverno de 1997. (Tab. 6). Os teores encontrados variam de 0,003 a 0,293%, estando as menores concentrações presentes nas estações 8, 9 e 10, localizadas próximo à linha de costa (Fig. 6H). As maiores porcentagens, assim como o verificado para o inverno de 1997, são encontradas nas estações 6 e 7.

5.1.2.4 Razão C/N

. Inverno/97

Os valores encontrados para a razão C/N oscilam entre 0,10 e 42 (Tab. 5, Fig. 7A). O valor mais elevado é encontrado na amostra 9, localizada na região norte próxima a Ilha de Pombeba. Os menores valores (inferiores a 1) estão presentes nas amostras 1, 8, 10 (região norte), 11 e 12 (região oeste) (Fig. 7A). Valores intermediários (12,2 a 14,9) são encontrados nas amostras 2 – 7 e 13.

. Verão/98

Comparando-se os resultados da razão C/N do verão com os do inverno, verifica-se aumento significativo nas amostras 1, 8, 10 - 12, ocorrendo decréscimo nas amostra 2 – 7, 9 e 13 (Tab. 6 e Fig. 7B).

5.1.2.5 Razão C/S

. Inverno/97

Os valores encontrados variam de 0,92 a 16,5 (Tab. 5, Fig. 7C). O menor valor é encontrado na estação 6, que está localizada próxima à saída do emissário submarino de esgoto. Os valores inferiores a 1 estão presentes nas amostras 2, 6 - 7 e os mais altos nas estações 1 e 10. Os valores intermediários (aproximadamente 4) são observados nas amostras 4, 12 - 13. (Fig. 7C).

. Verão/98

Comparando-se os valores da razão C/S do verão com os obtidos no inverno, verifica-se diminuição significativa dos teores em todas as amostras analisadas (Tab. 6, Fig. 7D). Os valores encontrados variam de 3,12 a 30,66, sendo que os mais baixos (i.e., 3,12 a 4,25) estão presentes nas amostras 6, 4, 5, 7 e 2 e o mais elevado (30,66) na amostra 10 (Fig. 7D). Assim como no inverno de 1997, o menor valor da razão C/S é encontrado na amostra 6.

Estações	% Carbonato de Cálcio	% Carbono Orgânico	% Nitrogênio Total	% Enxofre Total	Razão C/N	Razão C/S
01	3,19	0,099	0,000	0,006	0,10	16,50
02	19,48	1,156	0,090	1,248	12,85	0,93
03	15,37	0,504	0,035	0,090	14,40	5,60
04	17,26	0,521	0,035	0,129	14,88	4,04
05	15,18	1,149	0,086	0,719	13,36	8,36
06	11,68	1,307	0,102	1,425	12,81	0,92
07	18,57	1,125	0,092	1,139	12,23	0,99
08	3,36	0,097	0,000	0,011	0,10	8,82
09	10,10	0,210	0,005	0,056	42,00	11,20
10	21,89	0,127	0,000	0,009	0,13	14,11
11	18,18	0,102	0,000	0,009	0,10	11,33
12	8,49	0,127	0,000	0,031	0,13	4,09
13	20,16	1,24	0,097	0,306	12,82	4,06

Tab. 5 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Estações	% Carbonato de Cálcio	% Carbono Orgânico	% Nitrogênio Total	% Enxofre Total	Razão C/N	Razão C/S
01	4,02	0,089	0,016	0,013	5,56	6,85
02	14,95	0,557	0,055	0,131	10,13	4,25
03	10,90	0,611	0,054	0,093	11,31	6,57
04	15,57	0,457	0,042	0,136	10,88	3,36
05	15,05	1,132	0,096	0,320	11,79	3,53
06	17,70	0,860	0,076	0,275	11,31	3,12
07	19,48	1,183	0,102	0,293	11,60	4,03
08	4,74	0,116	0,005	0,011	23,20	10,54
09	4,89	0,084	0,004	0,006	21,00	14,00
10	4,46	0,092	0,003	0,003	30,66	30,66
11	8,79	0,239	0,014	0,030	17,07	7,96
12	9,50	0,201	0,014	0,023	14,36	8,73
13	13,90	0,454	0,033	0,068	13,76	6,67

Tab. 6 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Fig. 6 – Mapas horizontais dos dados geoquímicos obtidos na Enseada do Guarujá:
A) Carbonato de cálcio (inverno), B) Carbonato de cálcio (verão), C) Carbono orgânico (inverno), D) Carbono orgânico (verão)

Fig. 6 (cont.) Mapas horizontais dos dados geoquímicos obtidos na Enseada do Guarujá:

E) Nitrogênio total (Inverno)

F) Nitrogênio total (Verão)

G) Enxofre total (Inverno)

H) Enxofre total (Verão).

Fig. 07 – Razões C/N e C/S referentes aos dados de C, N e S obtidos no inverno de 1997 e verão 1998 na Enseada do Guarujá.

5.1.3 Parâmetros microfaunísticos

5.1.3.1 Composição e distribuição das tanatocenoses

. Inverno/97

Foram identificadas 61 espécies de foraminíferos (Tab. 7). Algumas destas espécies estão representadas nas pranchas 1 e 2.

Os valores de densidade variam de 12 a 1312 ind./10cc (Tab. 7, Fig. 8A). Excetuando-se as amostras 9 e 11 que foram subamostradas, as demais foram analisadas na sua totalidade (Tab. 7). As maiores densidades são encontradas na porção oeste da enseada, próximo a Ilha de Pombeba (estações 10 e 11). As menores densidades ocorrem nas estações costeiras (estações 1 e 8) e na região entre a Ilha Moela e Ponta Munduba. Os locais mais ricos em espécies localizam-se nas porções leste (estação 2 – 35 espécies) e oeste (estação 10 – 33 espécies) (Fig. 8B).

Os foraminíferos textulariídeos são quase ausentes (Fig. 8C). Os miliolídeos são encontrados em todas as amostras, mas em pouca quantidade, sendo abundantes na estação 1 (33%) e 11 (7%) (Fig. 8D). Os rotaliíneos são predominantes em toda a enseada, com percentual de 67 a 99% dos indivíduos identificados nas amostras (Fig. 8E).

Dentre as espécies identificadas, foram verificados organismos indicadores da Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Tropical (AT). As espécies do primeiro grupo são as formas dominantes, indicando que a Enseada do Guarujá é dominada pela AC durante o inverno.

As espécies bioindicadoras da AC foram posteriormente divididas em 05 sub-grupos, o que permitiu detalhar as condições ambientais da enseada. O grupo das ammonias não apresenta número significativo de indivíduos (Fig. 9A). O grupo dos criboelphidiuns, assim como o grupo das ammonias, possui poucos representantes, sendo ausentes nas estações 1 e 13 (Fig. 9B). *Pararotalia cananeiaensis* é a espécie dominante em toda a enseada, exceto na estação 1 (Fig. 9C).

O grupo das espécies bioindicadoras de ambiente rico em oxigênio é mais abundante somente próximo a Ponta de Santo Amaro, assemelhando-se ao padrão de distribuição dos miliolídeos (Figs. 8D e 9D).

Apesar de ausente na estação 1, o grupo das espécies típicas de ambiente rico em matéria orgânica é mais abundante e com distribuição mais homogênea que o grupo das espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio (Figs. 9D e 9E). As maiores concentrações ocorrem na porção leste (estação 2), sul (estação 5) e oeste (estação 10) (Fig. 9E).

Os jovens rotaliíneos apresentam maior concentração de indivíduos nas estações 2, 3 e 4 (região leste), indicando que a dinâmica de fundo da porção leste é mais baixa que a do lado oeste (Fig. 9F). Com relação aos grupos indicadores das massas de água da plataforma externa, foi possível verificar maior abundância dos grupos referentes à AT em relação à ACAS (i.e, espécies de água fria) (Figs. 9H e 9G).

5.1.3.2 Composição e distribuição das biocenoses

. Inverno/97

A quantidade de carapaças vazias é muito maior que a de carapaças coradas. O número de espécies de foraminíferos vivos, assim como os valores de densidade são maiores no lado leste (Tab. 7; Figs. 10A e 10B).

Os miliolídeos e textulariíneos são ausentes (Figs. 10D e 10C). Os rotaliíneos estão presentes em quase toda a enseada, com exceção das estações 1, 2 e 12 (Fig. 10E).

O grupo das ammonias, diferentemente do que ocorre nas associações de carapaças vazias, mostra-se dominante e sub-dominante na porção mais interna da enseada (estações 9 e 10), oeste (estações 11 e 13), assim como no lado leste, estação 3 (Fig. 11A).

Quanto ao grupo dos criboelphidiuns, *Pararotalia cananeaensis* e ao grupo de espécies bioindicadoras de ambiente rico em oxigênio, há representantes vivos somente nas estações 3, 4, e 11 (Figs. 11B, 11C e 11D). Em contrapartida, o grupo das espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica está presente em quase toda a enseada (Fig. 11E). Jovens rotaliíneos ocorrem somente na porção oeste e na parte mais interna da enseada (Fig. 11F).

Com relação aos grupos das massas de água da plataforma externa, verifica-se total ausência de espécies bioindicadoras de AT (Fig. 11H), bem como a presença de poucos indivíduos indicadores da ACAS, os quais estão concentrados somente na região sul (estação 5), isóbata de 20m (Fig. 11G).

GUARUJÁ - INVERNO (1997)										
Estações	1		2		3		4		5	
Fração analisada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total analisado (ind./10cc)	12	0	373	0	537	15	285	3	388	4
n° de espécies	6	0	35	0	27	10	26	3	31	3
M = Mortos; V = Vivos	M	v	M	V	M	V	M	V	M	V
Foraminíferos										
<i>Amphicoryna scalaris</i>					1					
<i>Ammonia parkinsoniana</i>						3				
<i>Ammonia tepida</i>			8		17	3	5		7	5
<i>Ammonia</i> spp (jovem)			21		24		8		6	
<i>Bolivina compacta</i>			10		2		3		3	1
<i>Bolivina doniezi</i>			2		4	1	1			
<i>Bolivina ordinaria</i>			5		5				3	
<i>Bolivina pulchella</i>			1				2		1	1
<i>Bolivina translucens</i>										
<i>Bolivina</i> sp.			3		7	1			3	2
<i>Brizalina striatula</i>			1		1	1	1			
<i>Brizalina spathulata</i>										
<i>Buccella peruviana</i>			1						1	
<i>Bulimina marginata</i>			1		3		3		6	1
<i>Bulimina elongata</i>										1
<i>Buliminella elegantissima</i>			17		22		4		6	2
<i>Cassidulina crassa</i> forma <i>media</i>			1		2		7		3	1
<i>Cassidulina</i> sp.			5							
<i>Cibicides variabilis</i>			1		1	1				
<i>Cibicides</i> sp.			3							
<i>Cornuspira involvens</i>					1					
<i>Criboelphidium discoidale</i>									1	
<i>Criboelphidium poyeanum</i>			5		2		1		5	2
<i>Criboelphidium</i> sp.										
<i>Discorbis williamsoni</i>	2		12		15		14		9	8
<i>Discorbis</i> sp.	1		1		4		2		1	1
<i>Eponides repandus</i>										
<i>Fissurina laevigata</i>			1		1		3		6	2
<i>Fissurina lucida</i>			1							
<i>Fissurina</i> sp.							1			
<i>Fursenkoina pontoni</i>			1		1		1		1	1
<i>Fursenkoina riggii</i>										
<i>Gaudryina exilis</i>			1						1	
<i>Gavelinopsis praegeri</i>			1							
<i>Globigerina bulloides</i>							1		1	
<i>Hanzawaia boueana</i>			1		7		5		5	1
<i>Haynesina depressula</i>			7		2		3			1
<i>Haynesina germanica</i>	1		1							
<i>Hopkinsina pacifica</i>			2			2	1	1		
<i>Lagena</i> sp.			2							
<i>Miliolinella subrotunda</i>					1		1		2	3
<i>Oolina hexagona</i>										
<i>Pararotalia canaeiaensis</i>	4		229		392	1	200	1	273	286
<i>Pseudononion atlanticum</i>			11		13	1	8	1	25	16
<i>Pseudononion grateloupi</i>			3		4	1			8	2
<i>Pseudononion opima</i>			2		1		4		2	1
<i>Poroeponides lateralis</i>			2							
<i>Pyrgo ringens</i>									1	
<i>Quinqueloculina milletti</i>	2		7		1		1		2	3
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>									2	1
<i>Quinqueloculina patagonica</i>										
<i>Quinqueloculina seminula</i>									1	1
<i>Quinqueloculina</i> sp.			3		3					
<i>Reophax nana</i>									1	
<i>Rosalina bradyi</i>									1	
<i>Rosalina floridensis</i>							1			2
<i>Triloculina baldai</i>										
<i>Triloculina laevigata</i>									1	
<i>Triloculina oblonga</i>										1
<i>Triloculina trigonula</i>	2									
<i>Trochammina</i> sp.										1
<i>Uvigerina peregrina</i>										

Tab. 7 - Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Enseada do Guarujá durante o inverno de 1997.

GUARUJÁ - INVERNO (1997)														
Estações	7		8		9		10		11		12		13	
Fração analisada	1	1	1	1	1/2	1	1/4	1	1/4	1	1	1	1/2	1
Total analisado (ind./10cc)	320	0	59	1	270	2	328	8	273	8	318	0	88	2
n° de espécies	20	0	12	1	21	2	33	6	25	4	21	0	14	2
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Foraminíferos														
<i>Amphicoryna scalaris</i>					1									
<i>Ammonia parkinsoniana</i>								1						
<i>Ammonia tepida</i>	7		1		6	1	5	2	7	2	3		2	1
<i>Ammonia</i> spp (jovem)	1			1	1	1	4	1	5	2	3		2	
<i>Bolivina compacta</i>	1				3		4		3		1			
<i>Bolivina doniezi</i>	1													
<i>Bolivina ordinaria</i>	3		1				2				2			
<i>Bolivina pulchella</i>	1				2		1							
<i>Bolivina translucens</i>					2		1		1					
<i>Bolivina</i> sp.			1				1		2				1	
<i>Brizalina striatula</i>							5			3				
<i>Brizalina spathulata</i>											1			
<i>Buccella peruviana</i>														
<i>Bulimina marginata</i>			1		1		1				2		1	
<i>Bulimina elongata</i>							1							
<i>Buliminella elegantissima</i>	1		1		2		8	1	6		3		1	
<i>Cassidulina crassa</i> forma <i>media</i>					2		1							
<i>Cassidulina</i> sp.	2													
<i>Cibicides variabilis</i>									1					
<i>Cibicides</i> sp.	2		2				4		1		2		1	
<i>Cornuspira involvens</i>							1		1					
<i>Criboelphidium discoidale</i>							1				1			
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	6		1		7		3		6		8			
<i>Criboelphidium</i> sp.							1		1	1				
<i>Discorbis williamsoni</i>	3				5		15		20		13		2	
<i>Discorbis</i> sp.					2									
<i>Eponides repandus</i>											1			
<i>Fissurina laevigata</i>					2		2		2		1		1	
<i>Fissurina lucida</i>							1							
<i>Fissurina</i> sp.					1				4					
<i>Fursenkoina pontoni</i>					1				2					
<i>Fursenkoina riggii</i>							1							
<i>Gaudryina exilis</i>														
<i>Gavelinopsis praegeri</i>														
<i>Globigerina bulloides</i>														
<i>Hanzawaia boueana</i>							1							
<i>Haynesina depressula</i>									7				2	
<i>Haynesina germanica</i>							1							
<i>Hopkinsina pacifica</i>							1	2						
<i>Lagena</i> sp.														
<i>Miliolinella subrotunda</i>	3						1							
<i>Oolina hexagona</i>	1										1			
<i>Pararotalia canaeiaensis</i>	263		46		212		230		174		253		70	
<i>Pseudononion atlanticum</i>	17		2		14		15	1	7		13		2	1
<i>Pseudononion grateloupi</i>					1		1		2		3		1	
<i>Pseudononion opima</i>	1						3		1					
<i>Poroeponides lateralis</i>											4			
<i>Pyrgo ringens</i>														
<i>Quinqueloculina milletti</i>	3				2		5		6				1	
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>			1		2								1	
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	2		1				2		8		1			
<i>Quinqueloculina seminula</i>														
<i>Quinqueloculina</i> sp.	1						4		3					
<i>Reophax nana</i>														
<i>Rosalina bradyi</i>	1		1											
<i>Rosalina floridensis</i>					1				1					
<i>Triloculina baldai</i>											1			
<i>Triloculina laevigata</i>														
<i>Triloculina oblonga</i>														
<i>Triloculina trigonula</i>									2		1			
<i>Trochammina</i> sp.														
<i>Uvigerina peregrina</i>							1							

Tab. 7 (cont.) - Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Enseada do Guarujá durante o inverno de 1997.

TANATOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 08 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidas no inverno de 1997. Dados referentes à tanatocenose – Tabela 7.

Figure 1 is a map of the study area in the Bay of Guanabara, Rio de Janeiro, showing sampling locations for six indicator species. The map includes the coastline, major islands (Ilha de São Amaro, Ilha de Guarujá, Ilha de Planqueiras), and the bay's extension. Sampling points are marked with numbers 1 through 15, corresponding to the data in the six panels. Panel (A) shows *Ammonia* spp. data, (B) *Cribroellidium* spp., (C) *P. cananellaensis*, (D) Indicators AC (O₂), (E) Indicators AC (M.O.), and (F) Jovens rotalíneos. Panels (G) and (H) show ACAS and AT indicators respectively. A scale bar indicates 0 to 2 km.

Fig. 09 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a tanatocenose – Tabela 7.

BIOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 10 – Densidade, riqueza e freqüência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidas no inverno de 1997. Dados referentes à biocenose – Tabela 7.

BIOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 11 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a biocenose – Tabela 7.

5.1.3.3 Composição e distribuição das tanatocenoses

. Verão/98

Foram identificadas 57 espécies de foraminíferos e 01 espécie de tecameba (Tab. 08, Pranchas 1 e 2).

Excetuando-se a amostra coletada na estação 7 que é azoíca, a quantidade de carapaças por 10cc de sedimento é maior no verão que no inverno, tendo sido necessário subamostrar a maioria das amostras (Tab. 8). A densidade oscilou entre 179 a 4192 ind./10 cc, com valor médio de 1245 ind./10 cc.

As maiores densidades são encontradas nas estações 12 e 11, ambas situadas na porção oeste da enseada, já as menores ocorrem ao longo da linha de costa, i.e. nas estações 1, 2, 8, 9 e 10 (Fig. 12A).

De modo geral, as amostras coletadas no lado leste apresentam maior número de espécies que as amostras do lado oeste. Contudo, o maior valor de riqueza foi encontrado na amostra 6, coletada na região central da enseada (Fig. 12B).

Os textulariíneos são observados somente nas estações 3, 6 e 11 (Fig. 12C), sendo que os miliolídeos apresentam espécimes em quase todas as estações (Fig. 12D). Os rotaliíneos são dominantes em toda a enseada, com percentual de 97 a 100% dos indivíduos (Fig. 12E).

O grupo das ammonias apresenta poucos indivíduos, com maior concentração na parte mais externa da enseada (estações 4 e 5) e central (estação 6), onde também foi verificada a presença de tecameba (e.g., *Diffugia* sp.) (Figs. 13A e 12C). O grupo dos criboelphidiuns, em comparação com o grupo das ammonias, apresenta maior densidade e distribuição mais homogênea (Fig. 13B). *Pararotalia cananeaensis* é dominante em toda a enseada, correspondendo de 70 a 89% do total dos indivíduos identificados (Fig. 13C). O grupo das espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica possui maior percentual (5 a 15%) (Fig. 13E). Por outro lado, o grupo das espécies bioindicadoras de ambiente rico em oxigênio, é pouco numeroso, apresentando maiores densidades nas estações 1 e 8, localizadas próximo a Ponta de Santo Amaro e Praia da Enseada, respectivamente, e estações 4 e 5, próximas a isóbata de 20m (Fig. 13D). O grupo dos jovens rotaliíneos, apesar de apresentar poucos indivíduos, está presente em quase toda a enseada (Fig. 13F). Com relação

aos organismos indicadores de massas de água da plataforma externa, verifica-se que as espécies bioindicadoras de ACAS são mais abundantes (Figs. 13G e 13H).

5.1.3.4 Composição e distribuição das biocenoses

. Verão/98

Foram identificadas 17 espécies de foraminíferos e 01 espécie de tecameba (e.g., *Lagenodifflugia vas*) (Tab. 8). As maiores densidades e diversidades são verificadas nas estações 4 (22 ind./10cc e 12 espécies) e 5 (18 ind./10cc e 10 espécies) (Figs. 14A e 14B).

A distribuição dos miliolídeos, textulariíneos e rotaliíneos é semelhante à distribuição da tanatocenose no inverno de 1997. (Fig. 14C, 14D e 14E)

O grupo das ammonias, diferentemente do verificado na associação de carapaças vazias, não apresenta indivíduos na parte mais interna da enseada, possuindo, significativa densidade nas porções central e sul. (Fig. 15A). O grupo dos criboelphidiuns, ao contrário do grupo das ammonias, apresenta poucos indivíduos concentrados nas estações 4 e 6 (Fig. 15B).

Pararotalia cananeaensis possui somente indivíduos vivos nas estações 4, 6 e 12 (Fig. 15C).

O grupo das espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica apresenta representantes em quase todas as estações, sendo mais numerosos nas estações 4 e 5 (Tab. 8, Fig. 15E). Com relação às espécies indicadoras de massas de água da plataforma externa ACAS e AT, o resultado é pouco significativo, existindo ausência de espécies indicadoras do primeiro grupo (Fig. 15G). Indivíduos pertencentes à AT somente são observados somente na estação 5, localizada na parte mais externa da enseada, isóbata de 20 m de profundidade (Fig. 15H).

GUARUJÁ - VERÃO (1998)												
Estações	1		2		3		4		5		6	
Fração analisada	1/2	1	1	1	1/4	1	1/2	1	1/4	1	1/4	1
Total analisado	308	0	200	0	374	4	500	20	227	18	581	7
n° de espécies	30	0	23	0	25	4	28	10	22	10	33	5
indivíduos/10 cc	616	0	200	0	1496	4	1000	20	908	18	2324	7
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Thecamoebians												
<i>Diffugia</i> sp.											1	
<i>Lagenodiffugia</i> vas												
Foraminifera												
<i>Ammonia beccarii</i>	1				4							
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	1							2		2		
<i>Ammonia tepida</i>	5		5		1		19	4	7	2	16	1
<i>Ammonia</i> sp. juvenile	5		2		6	1		2	5	1	5	
<i>Bolivina compacta</i>									3		1	
<i>Bolivina doniezi</i>	1		2		1		2		2		1	
<i>Bolivina ordinaria</i>	6		2		1				3		1	
<i>Bolivina pulchella</i>	1		1		1		1				1	
<i>Bolivina translucens</i>									1		4	
<i>Bolivina</i> sp.			1				3			2		
<i>Brizalina striatula</i>	1		1		3		3	3				
<i>Buccella frigida</i>												
<i>Bulimina marginata</i>	1				1		1		1	1	1	
<i>Bulimina elongata</i>							2					
<i>Bulimina patagonica</i>							1					
<i>Buliminella elegantissima</i>	4		3		8		3		5	4	6	2
<i>Cassidulina crassa</i> forma media	3		1		3		3		2		2	
<i>Cibicides variabilis</i>									1	1		
<i>Cibicides</i> sp.	2											
<i>Cycloforina</i> sp.							1				2	
<i>Criboelphidium discoidale</i>	1										1	
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. excavata	1				1						1	
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. clavata			1									
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. selseyensis			1		1		1		2		2	
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	12		2		9		12		1		5	
<i>Criboelphidium</i> sp.							2	1	1		1	1
<i>Discorbis bertheloti</i>											1	
<i>Discorbis williamsoni</i>	13		4		7		9	1	10		9	
<i>Fissurina laevigata</i>	6		2		2		2		6		4	
<i>Fissurina lucida</i>												
<i>Fursenkoina pontoni</i>	1						2					
<i>Gaudryina exilis</i>					1	1					1	1
<i>Globigerina bulloides</i>			1									
<i>Globigerinoides ruber</i>									1			
<i>Hanzawaia boueana</i>	4				5		12		2		1	
<i>Haynesina depressula</i>	1											
<i>Hopkinsina pacifica</i>	1							1				
<i>Lobatula lobatula</i>			2		5		5				5	
<i>Lagena laevis</i>												
<i>Pararotalia canaëiaensis</i>	215		154		286		319	1	160		468	2
<i>Pseudoclavulina</i> sp.												
<i>Pseudononion atlanticum</i>	7		7		20	1	38	4	1	2	13	
<i>Pseudononion grateloupi</i>	5		2		2		19		7		11	
<i>Pseudononion opima</i>	3		2				5		5		4	
<i>Poroeponides lateralis</i>							29					
<i>Quinqueloculina milletti</i>	2		2		2		3	1			4	
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	2						1					
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	1				1						4	
<i>Quinqueloculina</i> cf. <i>polygona</i>											2	
<i>Quinqueloculina seminula</i>											1	
<i>Quinqueloculina</i> sp.			1		1					2		
<i>Rolshausheni rolshauseni</i>					1		1		1		1	
<i>Rosalina bradyi</i>	1											
<i>Stanforthia concava</i>							1					
<i>Textularia gramen</i>					2							
<i>Triloculina laevigata</i>											1	
<i>Triloculina oblonga</i>	1		1							1		

Tab. 8 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Enseada do Guarujá durante o verão de 1998.

GUARUJÁ - VERÃO (1998)														
Estações	7		8		9		10		11		12		13	
Fração analisada	1	1	1	1	1	1	1	1	1/8	1	1/8	1	1/8	1
Total analisado	0		179	3	162	0	331	0	524	5	335	7	201	5
n° de espécies	0	0	16	2	12	0	23	0	22	3	22	5	14	3
indivíduos/10 cc	0	0	179	3	162	0	331	0	4192	5	2680	7	1608	5
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Thecamoebians														
Diffugia sp.														
Lagenodiffugia vas			1	1										
Foraminifera														
Ammonia beccarii														
Ammonia parkinsoniana										1		1		
Ammonia tepida			2						8	3	2	2	4	1
Ammonia sp. juvenile			1						4		4			
Bolivina compacta							1							
Bolivina doniezi											2			
Bolivina ordinaria			5		5		6		6		10			
Bolivina pulchella			1						2		1			
Bolivina translucens									4		1		1	
Bolivina sp.					1				1					
Brizalina striatula			2		2		1				1	1	1	3
Buccella frigida							2		1					
Bulimina marginata							1							
Bulimina elongata							1							
Bulimina patagonica														
Buliminella elegantissima			2	2	1		3		3	1	5			1
Cassidulina crassa forma media			2		1		1		3		1			
Cibicides variabilis														
Cibicides sp.							1							
Cycloforina sp.											1			
Criboelphidium discoidale			1								1			
Criboelphidium excavatum f. excavata							1				1			
Criboelphidium excavatum f. clavata														
Criboelphidium excavatum f. selseyensis			1				1				1			
Criboelphidium poyeanum			4				5		8		7		8	
Criboelphidium sp.							2							
Discorbis bertheloti														
Discorbis williamsoni			8				9		11		7		2	
Fissurina laevigata					1		1		4		2		1	
Fissurina lucida							1							
Fursenkoina pontoni														
Gaudryina exilis									2					
Globigerina bulloides														
Globigerinoides ruber														
Hanzawaia boueana					1				1					
Haynesina depressula														
Hopkinsina pacifica														
Lobatula lobatula			3		1		1		8				4	
Lagena laevis					1		1							
Pararotalia canaiaensis			133		145		282		441		277	2	165	
Pseudoclavulina sp.							1							
Pseudononion atlanticum			10		2		7		5		7	1	6	
Pseudononion grateloupi			3		1		1		6		1		5	
Pseudononion opima														
Poroeponides lateralis											1			
Quinqueloculina milletti									2		1		1	
Quinqueloculina lamarckiana									1				1	
Quinqueloculina patagonica														
Quinqueloculina cf. polygona														
Quinqueloculina seminula									1		1		1	
Quinqueloculina sp.							1							
Rolshausheni rolshauseni													1	
Rosalina bradyi														
Stanforthia concava														
Textularia gramen														
Triloculina laevigata									2					
Triloculina oblonga														

Tab. 8 (cont.) – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Enseada do Guarujá no verão de 1998.

TANATOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 12 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidos no verão de 1998. Dados referentes à tanatocenose - Tabela 8).

TANATOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 13 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a tanatocenose – Tabela 8.

BIOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 14 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos da Enseada do Guarujá, obtidas no verão de 1998. Dados referentes à biocenose - Tabela 08.

(A) Indicador AC
Ammocia spp

(B) Indicador AC
Cyrtophthalmus spp

(C) Indicador AC
P. communis

(D) Indicadores AC
(amb. rico em O₂)

(E) Indicadores AC
(amb. rico em M.O.)

(F) Jovens rotíferos
(amb. baixa energia)

(G) Indicadores ACAS

(H) Indicadores AT

Ilha de São Amaro
Guarujá
P. de Enseada
Tombo
Pitangueiras
I. de Pombeba
I. das Cabras
Emissário submarino
I. Pau a Pino

0 2 Km

Fig. 15 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a biocenose – Tabela 8.

5.1.3.5 Análise morfométrica

. Inverno/97

De forma geral, verifica-se presença de carapaças pequenas, médias e grandes em todos os pontos amostrais da Enseada do Guarujá (Fig. 16). As carapaças médias (250 – 125 μm) são predominantes em todas as estações, com percentual acima de 70%.

Carapaças pequenas (< 125 μm) são abundantes na porção leste, assim como nas estações 10 e 11 (oeste) e escassas nas estações 8 e 12.

Carapaças grandes (500 – 250 μm) estão presentes em maior número na porção mais interna da enseada, próximo à linha de costa, bem como nas estações 5, 12 e 13.

A presença de foraminíferos com carapaça muito grande (acima de 500 μm) é pouco significativa (1%), possuindo representantes somente nas estações 6 e 12.

. Verão/98

Verifica-se diminuição na porcentagem de foraminíferos de carapaças pequenas na porção leste, assim como nas estações 10 e 11. O contrário é verificado nas estações 8 e 12 (Fig. 17). Carapaças grandes aumentam nas estações 4 (13%) e 13 (11%) e diminuem nas estações 1, 5, 8 e 12. Não são observadas carapaças acima de 500 μm no verão de 98.

Fig. 16 – Análise morfométrica realizada das carapaças de foraminíferos obtidos no inverno de 1997 na Enseada do Guarujá.

Fig. 17 - Análise morfométrica realizada das carapaças de foraminíferos obtidos no verão de 1998 na Enseada do Guarujá.

5.1.3.6 Análise tafonômica

A maioria das carapaças analisadas da Enseada do Guarujá está parcialmente fragmentada (Figs. 18 e 19)

No inverno, as maiores porcentagens ocorrem na porção mais interna da enseada (estações 1 e 9), ao passo que no verão as maiores porcentagens ocorrem nas regiões oeste (estações 10 e 11) e sudoeste (estação 13).

Carapaças sem sinal de abrasão são mais abundantes no verão, principalmente nas regiões leste – sudoeste e central da enseada, ocorrendo o contrário no inverno, ou seja, são mais abundantes na região norte – nordeste.

Carapaças totalmente fragmentadas possuem baixo percentual nos dois períodos, contudo, estão em maior número no verão.

Com relação ao tipo de coloração das carapaças, constata-se que carapaças limonitizadas são ausentes, sendo carapaças piritizadas muito raras. Contudo, observa-se grande número de carapaças preenchidas por matéria orgânica (Fig. 20).

No inverno, as maiores concentrações de carapaças preenchidas ocorrem nas estações 7 (41%), 5 (51,4%) e 13 (23%). No verão, verifica-se aumento do número de carapaças preenchidas por matéria orgânica em toda a enseada (Fig. 21)

Fig. 18 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças de foraminíferos coletados na Enseada do Guarujá no inverno de 1997.

Fig. 19 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas caparaças de foraminíferos coletados na Enseada do Guarujá no verão de 1998.

Fig. 20 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Enseada do Guarujá no inverno de 1997.

Fig. 21 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Enseada do Guarujá no verão de 1998.

5.2 BAÍA DE SANTOS

5.2.1 Dados hidrográficos

As profundidades das amostras coletadas no inverno variam entre 5 e 15 m de profundidade e no verão, entre 7 e 15 m (Tabs. 9 e 10, Fig. 22A).

No inverno, a temperatura da água de fundo apresenta variação de 21,60 a 21,92°C e no verão de 27,05 a 28,88°C (Tabs. 9 e 10, Figs. 22B e 22D). As temperaturas mais baixas no inverno estão presentes na porção central da baía (estações 5, 6 e 7) e as mais altas nas estações 8 e 9. No verão, os valores mais elevados de temperatura localizam-se junto à linha de costa, sendo o maior valor verificado na estação 2 (Fig. 22D).

As salinidades de fundo para o inverno variam de 33,36 a 35,02 UPS, sendo os menores valores encontrados nas estações 8 e 9 e os mais altos nas estações 2, 5 e 6 (Tabs. 9 e 10, Fig. 22C). No verão, ao contrário do inverno, verifica-se maior variação de salinidade, ou seja, entre 31,36 a 34,21 UPS. Os menores valores de salinidade ocorrem nas estações 8 e 9, as quais recebem águas do Canal de Piaçaquera, bem como do Rio Iracema. Os maiores valores de salinidade são observados nas estações 2 e 6, ou seja, 34,08 e 34,21 UPS, respectivamente. (Fig. 22E).

A partir do diagrama T/S, constata-se que a massa de água predominante na Baía de Santos é a Água Costeira (Figs. 23 e 24).

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade (m)	Temperatura de fundo (°C)	Salinidade de fundo (UPS)
1	23,983	46,325	5	21,73	34,04
2	23,999	46,328	10	21,63	34,70
3	24,016	46,326	14	21,65	34,86
4	24,032	46,325	15	21,70	34,41
5	24,033	46,349	13	21,60	35,02
6	24,017	46,349	12	21,60	34,88
7	24,000	46,349	9	21,61	34,73
8	23,980	46,349	5,5	21,87	33,84
9	23,984	46,365	6	21,92	33,36
10	24,000	46,370	8	21,73	34,49
11	24,017	46,377	10	21,72	34,58
12	24,034	46,383	11	21,70	34,66

Tab. 9 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Baía de Santos no inverno de 1997. Dados retirados de FUNDESPA (1999).

Estação	Latitude	Longitude	Profundidade (m)	Temperatura de fundo (°C)	Salinidade de fundo (UPS)
1	23,983	46,325	7	.	.
2	23,999	46,328	11	27,05	24,08
3	24,016	46,326	13	27,67	33,76
4	24,032	46,325	15	27,86	33,54
5	24,033	46,349	15	28,14	33,24
6	24,017	46,349	14	27,35	34,21
7	24,000	46,349	12	27,18	33,75
8	23,980	46,349	7	28,88	31,36
9	23,984	46,365	7	28,56	32,19
10	24,000	46,370	9	27,48	33,77
11	24,017	46,377	12	27,59	33,75
12	24,034	46,383	12	27,63	33,75

Tab. 10 – Posicionamento e variáveis hidrográficas das amostras coletadas na Baía de Santos no verão de 1998. Dados retirados de FUNDESPA (1999).

Fig. 22 – Dados hidrográficos obtidos na Baía de Santos: A) Profundidade, B) Temperatura (inverno), C) Salinidade (inverno), D) Temperatura (verão), E) Salinidade (verão).

Fig. 23 – Diagrama T/S – Dados obtidos no inverno de 1997 na Baía de Santos.

Fig. 24 – Diagrama T/S – Dados obtidos no verão de 1998 na Baía de Santos.

Água Costeira (AC): $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S < 35$ UPS

Água Tropical (AT) : $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36,4$ UPS

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): T 9 a 18°C ; S 34,5 a 36 UPS

5.2.2 Parâmetros sedimentológicos

5.2.2.1 Granulometria

. Inverno/97

A partir da composição e distribuição de sedimento de fundo, a Baía de Santos pode ser dividida em dois setores distintos. As porções oeste e a localizada na parte mais interna da enseada (i.e, estações 1 e 8) são caracterizadas pela presença de areia muito fina, com grau de seleção de moderado a muito bem selecionado (Tab. 11, Figs. 25A e 25C). Excetuando-se a estação 3 (areia muito fina), as regiões central e leste são constituídas por silte (médio a grosso), com baixo grau de seleção. As maiores porcentagens de areia ocorrem nas estações 8, 9, 10, 11 e 12 (Fig. 25A e 25E), ao passo que as maiores porcentagens de silte e argila (superior a 40%) nas estações 7 e 4 (Fig. 25A e 25G).

. Verão/98

O padrão de composição e distribuição para o verão de 98 é semelhante ao obtido para o inverno de 97 (Figs. 25B e 25D). Excetuando-se as estações 3 e 10, sedimentos arenosos e muito bem selecionados são predominantes na região leste e na porção mais interna da baía (Figs. 25F e 25D). Verifica-se, no entanto, diminuição na porcentagem de silte e argila, existindo concentração somente na porção central e estações 2 e 4 (região leste) (Fig. 25 B e 25H).

Estação	D. Médio Φ	Classificação Wentword (1922)	G. Seleção	Classificação Folk & Ward (1957)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Lama (%) (Silte + Argila)
1	4,66	silte grosso	1,87	pobrementemente selecionado	72,74	15,33	11,93	27,26
2	5,85	silte médio	2,12	muito pobrementemente selecionado	33,26	35,93	30,80	66,73
3	3,59	areia muito fina	0,79	moderadamente selecionado	88,03	8,63	3,33	11,96
4	7,34	silte muito fina	1,83	pobrementemente selecionado	12,19	33,77	54,04	87,81
5	5,04	silte médio	2,06	muito pobrementemente selecionado	71,11	10,20	18,69	28,89
6	5,72	silte médio	2,16	muito pobrementemente selecionado	41,77	30,72	27,30	58,02
7	5,93	silte médio	2,10	muito pobrementemente selecionado	28,84	46,86	24,30	71,16
8	3,42	areia muito fina	0,27	muito bem selecionado	95,73	3,43	0,83	4,26
9	3,33	areia muito fina	0,23	muito bem selecionado	97,03	2,97	0,00	2,97
10	3,45	areia muito fina	0,60	moderadamente bem selecionado	92,17	6,17	1,67	7,84
11	3,33	areia muito fina	0,28	muito bem selecionado	97,43	2,57	0,00	2,57
12	3,36	areia muito fina	0,26	muito bem selecionado	97,40	2,60	0,00	2,60

Tab. 11 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo obtidos na Baía de Santos no inverno de 1997. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Estação	D. Médio Φ	Classificação Wentword (1922)	G. Seleção	Classificação Folk & Ward (1957)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Lama (%) (Silte + Argila)
1	3,54	areia muito fina	0,68	moderadamente bem selecionado	86,51	10,07	3,36	13,43
2	5,11	silte médio	2,07	muito pobrementemente selecionado	59,73	21,01	19,26	40,27
3	3,51	areia muito fina	1,00	moderadamente selecionado	87,10	6,23	6,67	12,90
4	4,06	silte grosso	1,29	pobrementemente selecionado	79,66	11,86	8,47	20,33
5	4,13	silte grosso	1,37	pobrementemente selecionado	81,39	8,46	10,15	18,61
6	4,16	silte grosso	1,42	pobrementemente selecionado	79,43	10,28	10,28	20,56
7	5,16	silte médio	2,10	muito pobrementemente selecionado	51,22	27,87	20,91	48,78
8	3,29	areia muito fina	0,27	muito bem selecionado	98,77	1,23	0,00	1,23
9	3,34	areia muito fina	0,27	muito bem selecionado	98,00	2,00	0,00	2,00
10	3,46	areia muito fina	0,99	moderadamente selecionado	86,54	8,41	5,05	13,46
11	3,33	areia muito fina	0,30	muito bem selecionado	96,87	3,13	0,00	3,13
12	3,30	areia muito fina	0,27	muito bem selecionado	97,83	2,17	0,00	2,17

Tab. 12 – Parâmetros granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo obtidos na Baía de Santos no verão de 1998. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Fig. 25 - Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos na Baía de Santos:

A) Diâmetro Médio (inverno), B) Diâmetro Médio (verão), C) Grau de Seleção (inverno), D) Grau de Seleção (verão);

Fig. 25 (cont.) Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos na Baía de Santos:

E) % Areia (inverno)

F) % Areia (verão)

G) % Lama (inverno)

H) % Lama (verão)

5.2.2.2 Carbonato de cálcio

. Inverno/97

Os teores de carbonato de cálcio da Baía de Santos variam de 5,2 a 23,46%, indicando a presença de ambiente de sedimentação litoclástica (Fig. 26A). O menor percentual é verificado na estação 9, próximo ao Canal de São Vicente, e o maior está presente na estação 4.

.Verão/98

Os teores de carbonato de cálcio variam entre 5,2 a 17,26 (sedimentação litoclástica), existindo diminuição de porcentagem em quase todas as estações. A alteração mais significativa ocorreu na estação 6, pois, comparando-se os dois períodos (i.e., inverno de 1997 e verão de 1998), observa-se perda de 40% de teor de carbonato de cálcio (Tabs. 13 e 14, Fig. 26B).

5.2.2.3 Carbono orgânico

. Inverno/97

Os teores de carbono variam entre 0,13 e 2%, com distribuição em todas as amostras analisadas (Fig. 26C). As maiores concentrações localizam-se nas porções central (estações 5, 6 e 7) e leste (estações 1, 2 e 4), observando-se desta forma, o mesmo padrão de distribuição de finos (silte e argila) (Fig. 25G). O índice mais elevado de carbono está presente na estação 7, sendo o mais baixo encontrado na estação 12.

. Verão/98

Os teores de carbono diminuem nas amostras 2, 4, 5, 6 e 7 e aumentam nas estações 3, 5 e 10 (Fig 26D). Nas regiões mais internas da baía e leste (exceto estação 10), as porcentagens são iguais as verificadas no inverno de 97. Os teores de carbono variaram entre 0,118 a 0,822%.

5.2.2.4 Nitrogênio total

. Inverno/97

Os valores de nitrogênio total são detectados somente nos sedimentos das porções central e leste, onde ocorrem as maiores concentrações de lama (cf. Figs. 25G e 26E). A porcentagem mais elevada de nitrogênio é encontrada na estação 4 (0,14%).

. Verão/98

Diferentemente do inverno, todas as amostras analisadas apresentam porcentagens de nitrogênio, variando de 0,008 a 0,09% (Fig. 26F).

A maior concentração de nitrogênio ocorre na estação 2 (0,09%) e as menores ocorrem nas estações 8, 9, 11 e 12 (0,008 a 0,01%).

5.2.2.5 Enxofre

. Inverno/97

Os teores de enxofre oscilam de 0,01 a 1,43% (Fig. 26G). O valor mais elevado ocorre na estação 7 (1,43%) e os menores são encontrados nas estações 8, 9, 11 e 12, todas com 0,01%.

. Verão/98

Comparando-se os resultados das análises de concentração de enxofre do inverno de 1997 e verão de 1998, verifica-se diminuição de aproximadamente 60% do teor em quase todas as amostras (Fig. 26H). As concentrações variam de 0,005 a 0,837%, sendo que o percentual mais elevado também é verificado na estação 7, localizada na porção central da baía.

5.2.2.6 Razão C/N

. Inverno/97

Os valores encontrados para a razão C/N variam de 12 a 23 (Fig. 27A). Com exceção da amostra 10, todas as outras estações apresentam resultados com pouca variação, ou seja, de 11 a 14,5.

. Verão/98

Os valores analisados variam de 11,7 a 21,62, sendo os mais altos observados nas estações 3 e 8, localizadas na região leste e na parte mais interna da baía, respectivamente (Fig. 27B).

5.2.2.7 Razão C/S

. Inverno/97

Os valores de razão C/S oscilam entre 0,972 e 14 (Fig. 27C). Os menores índices (inferiores a 3) encontram-se nas estações 2, 4, 6 e 7. Os maiores valores (12 a 14) estão presentes nas estações 8, 9, 11 e 12. As demais estações apresentam valores intermediários entre 5 a 8.

. Verão/98

Os valores para a razão C/S no verão de 1998 variam de 0,952 a 28,8 (Fig. 27D). Nas estações 8 e 9 estão presentes os valores mais elevados. Os menores valores, assim como o verificado para o inverno de 1997, estão presentes nas estações 2, 6 e 7, possuindo a estação 7 o menor valor.

Estação	% Carbonato de Cálcio	% Carbono Orgânico	% Nitrogênio Total	% Enxofre Total	Razão C/N	Razão C/S
1	11,33	0,700	0,060	0,130	11,67	5,38
2	17,30	1,550	0,140	0,670	11,07	2,31
3	8,35	0,290	0,020	0,040	14,50	7,25
4	23,46	2,000	0,180	0,950	11,11	2,11
5	10,65	0,600	0,050	0,080	12,00	7,50
6	21,27	1,170	0,090	0,550	13,00	2,13
7	21,66	1,390	0,120	1,430	11,58	0,97
8	6,29	0,140	0,000	0,010	0,14	14,00
9	5,20	0,120	0,000	0,010	0,12	12,00
10	7,43	0,230	0,000	0,030	0,23	7,67
11	5,29	0,140	0,000	0,010	0,14	14,00
12	5,74	0,130	0,000	0,010	0,13	13,00

Tab. 13 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no inverno de 1997 na Baía de Santos. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Estação	% Carbonato de Cálcio	% Carbono Orgânico	% Nitrogênio Total	% Enxofre Total	Razão C/N	Razão C/S
1	9,32	0,370	0,022	0,057	16,82	6,49
2	12,72	1,059	0,090	0,241	11,77	4,39
3	8,82	0,454	0,021	0,046	21,62	9,87
4	11,23	0,724	0,056	0,113	12,93	6,41
5	8,85	0,822	0,061	0,114	13,48	7,21
6	8,51	0,567	0,040	0,129	14,18	4,40
7	15,47	0,797	0,060	0,837	13,28	0,95
8	6,36	0,144	0,008	0,005	18,00	28,80
9	5,92	0,144	0,010	0,005	14,40	28,80
10	17,26	0,407	0,031	0,037	13,13	11,00
11	5,20	0,118	0,010	0,008	11,80	14,75
12	5,60	0,121	0,010	0,007	12,10	17,29

Tab. 14 – Constituintes orgânicos e suas razões. Dados obtidos no verão de 1998 na Baía de Santos. Dados modificados de FUNDESPA (1999).

Fig. 26 – Mapas horizontais dos dados geoquímicos obtidos na Baía de Santos:

A) Carbonato de cálcio (inverno), B) Carbonato de cálcio (verão), C) Carbono Orgânico (inverno) e D) Carbono orgânico (verão)

Fig. 26 (cont.) – Mapas horizontais dos dados geoquímicos obtidos na Baía de Santos:

- E) Nitrogênio total (Inverno),
- F) Nitrogênio total (Verão),
- G) Enxofre (Inverno),
- H) Enxofre (Verão).

Fig. 27 – Mapas horizontais das Razões de C/N e C/S obtidas no inverno de 1997 e verão de 1998 na Baía de Santos.

5.2.3 Parâmetros microfaunísticos

5.2.3.1 Composição e distribuição das tanatocenoses

. Inverno/97

Foram identificadas 54 espécies de foraminíferos e 1 espécie de tecameba (Tab. 15, Pranchas 1 e 2).

Os maiores valores de densidade e riqueza ocorrem nas estações 6 e 7 e os mais baixos na estação 12 (Fig. 28A e 28B).

Representantes das subordens Textulariina e Miliolina se distribuem esparsa e raramente pela baía (Figs. 28C e 27D). Já os rotaliíneos estão presentes em todas as estações com porcentagem variando entre 95,02 e 100% (Fig. 28E). Na estação 2 (região leste) constata-se a presença de uma espécie de tecameba (e.g. *Diffflugia oblonga*).

O grupo das ammonias possui representantes em todas as estações, ocorrendo os maiores percentuais nas estações 2 e 7 (Fig. 29A). O grupo dos criboelphidiuns, apresenta-se mais abundante do que o grupo das ammonias, principalmente nas estações 6, 9 e 11 (Fig. 29B). *Pararotalia cananeiaensis* possui dominância em toda a baía, com percentual variando entre 59,36 (estação 6) a 87,50% (estação 12) (Fig. 29C). O grupo de espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio apresenta poucos indivíduos, sendo ausentes nas estações 2 e 12 (Fig. 29D). O grupo das espécies indicadoras de matéria orgânica é mais abundante nas estações 3, 4, 6 e 7 (Fig. 29E). Jovens rotaliíneos possuem representação pouco significativa, existindo indivíduos somente nas estações 5 e 7 (Fig. 29F). Foram encontradas espécies indicadoras da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), da Água Tropical (AT) e da Água Costeira (AC), sendo as espécies indicadoras da AC mais abundantes (Fig. 29G e 29H).

5.2.3.2 Composição e distribuição das biocenoses

. Inverno/97

Foraminíferos com carapaças coradas são pouco abundantes, ocorrendo somente nas estações 2, 3, 4, 6 e 10 (Fig. 30A). A maior abundância é verificada na estação 2, estando a maior diversidade presente na estação 6 (Fig. 30A e 30B). Verifica-se somente representantes da subordem dos rotaliíneos (Fig. 30C, 30D e 30E).

As ammonias e os criboelphidiuns apresentam poucos indivíduos, os quais estão concentrados nas estações 7 e 2, respectivamente (Figs. 31A e 31B).

Foram também observados alguns exemplares vivos do grupo das espécies indicadoras de matéria orgânica (Fig. 31E). Não foram encontrados representantes vivos de espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio, da ACAS e da AT (Figs. 31D, 31G e 31H).

SANTOS - INVERNO (1997)												
Estações	1		2		3		4		5		6	
Fração analisada	1/2		1/4		1/2		1/4		1		1/2	
Total analisado (ind./10cc)	210	0	201	3	414	1	133	1	472	0	342	5
n° de espécies	18	0	20	2	28	1	13	1	22	0	32	4
indivíduos/10 cc	420	0	804	12	828	2	532	4	472	0	684	10
Tecamebas												
<i>Diffugia oblonga</i>			1									
Foraminíferos												
<i>Ammoastuta salsa</i>											1	
<i>Ammonia parkinsoniana</i>			3								2	
<i>Ammonia tepida</i>	10		11		12		2		17		14	1
<i>Ammonia</i> spp. jovem									2			
<i>Angulogerina angulosa</i>												
<i>Biloculinella</i> sp.												
<i>Bolivina compacta</i>					2	1			3			
<i>Bolivina doniezi</i>	2		2		1		3		4			
<i>Bolivina ordinaria</i>					5		1					
<i>Bolivina pulchella</i>			1						1		1	
<i>Bolivina</i> sp.					3		2					
<i>Brizalina striatula</i>	6		2		6		5	1	11		13	2
<i>Buliminella elegantissima</i>	2		3	1	3		1		11		1	
<i>Bulimina marginata</i>	2				2						1	
<i>Cassidulina minuta</i>											2	
<i>Cassidulina crassa</i> forma media					8				5			
<i>Criboelphidium articulatum</i>					1				1			
<i>Criboelphidium discoidale</i>					2				8		1	
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>clavata</i>											1	
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>excavata</i>	3											
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>lidoensis</i>			1	1	1							
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>selseyensis</i>									3		10	
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	4		8	1	21				16		12	
<i>Criboelphidium</i> sp.											2	
<i>Cornospira involvens</i>					3							
<i>Cycloforina</i> sp.											1	
<i>Discorbis williamsoni</i>	4				5		3		8		5	
<i>Discorbis</i> sp.											1	
<i>Fissurina lucida</i>											2	
<i>Fissurina semimarginata</i>	1		1		3		2		3		3	
<i>Fursenkoina pontoni</i>	1				1							
<i>Gaudryina exilis</i>	2											
<i>Globigerinoides ruber</i>	1		1									
<i>Hanzawaia boueana</i>					14				10		5	
<i>Haynesina depressula</i>	1				3				1		2	
<i>Haynesina germanica</i>												
<i>Haplophragmoides wilberti</i>											1	
<i>Hopkinsina pacifica</i>									1		1	1
<i>Lagena laevis</i>					1						1	
<i>Lenticulina</i> sp.					1							
<i>Miliolinella subrotunda</i>												
<i>Oolina hexagona</i>											1	
<i>Pararotalia cananeaiaensis</i>	152		144		258		95		325		203	
<i>Paratrochammina</i> sp.											1	
<i>Pseudononion atlanticum</i>	13		4		22		7		30		34	
<i>Pseudononion grateloupi</i>	2		8		23		9		8		13	
<i>Pseudononion opima</i>			1		2				1		1	1
<i>Quinqueloculina milletti</i>	1		6		8		2					
<i>Quinqueloculina laevigata</i>			1									
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>			1		1						2	
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	3						1		3		3	
<i>Reophax nana</i>			1									
<i>Rosalina bradyi</i>			1								1	
<i>Rosalina floridensis</i>					2							

Tab.15 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Baía de Santos durante o inverno de 1997.

SANTOS - INVERNO (1997)												
Estações	7		8		9		10		11		12	
Fração analisada	1/2		1		1		1/2		1		1	
Total analisado (ind./10cc)	870	0	437	0	186	0	434	1	256	0	40	0
n° de espécies	30	0	17	0	12	0	18	1	18	0	4	0
indivíduos/10 cc	1740	0	437	0	186	0	868	2	256	0	40	0
Tecamebas												
<i>Diffugia oblonga</i>												
Foraminíferos												
<i>Ammoastuta salsa</i>												
<i>Ammonia parkinsoniana</i>												
<i>Ammonia tepida</i>	48		9		3		14		6		1	
<i>Ammonia</i> spp (jovem)	5											
<i>Angulogerina angulosa</i>	1		1						1			
<i>Biloculinella</i> sp.			1									
<i>Bolivina compacta</i>												
<i>Bolivina doniezi</i>	11										1	
<i>Bolivina ordinaria</i>	3											
<i>Bolivina pulchella</i>	3				1		1					
<i>Bolivina</i> sp.												
<i>Brizalina striatula</i>	25		14		5		12		8			
<i>Buliminella elegantissima</i>	48		1				6	1	5			
<i>Bulimina marginata</i>	1		1		1							
<i>Cassidulina minuta</i>	6											
<i>Cassidulina crassa</i> forma media									1			
<i>Criboelphidium articulatum</i>												
<i>Criboelphidium discoidale</i>			1		2		1		4			
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>clavata</i>												
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>excavata</i>									1			
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>lidoensis</i>												
<i>Criboelphidium excavatum</i> f. <i>selseyensis</i>	3											
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	30		18		12		8		13			
<i>Criboelphidium</i> sp.												
<i>Cornospira involvens</i>									1			
<i>Cycloforina</i> sp.							1					
<i>Discorbis williamsoni</i>	24		5		1		10		2			
<i>Discorbis</i> sp.												
<i>Fissurina lucida</i>									1			
<i>Fissurina semimarginata</i>	20		1		2		5		1			
<i>Fursenkoina pontoni</i>	2		2									
<i>Gaudryina exilis</i>	1						1					
<i>Globigerinoides ruber</i>			1									
<i>Hanzawaia boueana</i>	4		9		7		7		11			
<i>Haynesina depressula</i>	1											
<i>Haynesina germanica</i>	2						1		1			
<i>Haplophragmoides wilberti</i>												
<i>Hopkinsina pacifica</i>	2						1					
<i>Lagena laevis</i>												
<i>Lenticulina</i> sp.	1											
<i>Miliolinella subrotunda</i>	2											
<i>Oolina hexagona</i>												
<i>Pararotalia cananeaiaensis</i>	555		349		138		340		188		35	
<i>Paratrochammina</i> sp.												
<i>Pseudononion atlanticum</i>	48		18		12		19		9		3	
<i>Pseudononion grateloupi</i>	10		5				3		1			
<i>Pseudononion opima</i>	4											
<i>Quinqueloculina milletti</i>	3						3					
<i>Quinqueloculina laevigata</i>												
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	1											
<i>Quinqueloculina patagonica</i>	5				2		1		2			
<i>Reophax nana</i>												
<i>Rosalina bradyi</i>	1		1									
<i>Rosalina floridensis</i>												

Tab. 15 (cont.) – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida na Baía de Santos durante o inverno de 1997.

TANATOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 28 – Densidade, riqueza e frequência relativa das tecamebas e principais subordens de foraminíferos mortos da Baía de Santos, obtidos no inverno de 1997. Dados referentes a tanatocenose – Tabela 15.

TANATOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 29 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a tanatocenose – Tabela 15.

BIOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 30 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos vivos da Bacia de Santos, obtidos no inverno de 1997. Dados referentes a biocenose – Tabela 15.

BIOCENOSE – INVERNO DE 1997

Fig. 31 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a biocenose – Tabela 15.

5.2.3.3. Composição e distribuição das tanatocenoses

. Verão/98

As amostras do verão têm quantidade maior de carapaças e de espécies que as amostras do inverno. No inverno a média encontrada é de 605 ind./10cc e no verão é de 1285 ind./10cc (cf. Tab. 15 e 16). No verão foram identificadas 64 espécies de foraminíferos e 01 espécie de tecameba (e.g. *Diffugia oblonga*) (Tab. 16; Fig. 32C).

Nas regiões central e leste encontram-se as estações com as maiores riquezas e abundância, sendo a estação 2 a mais abundante em indivíduos e a estação 1 a mais rica em espécies (Figs. 32A e 32B).

Os textulariíneos não possuem número significativo de indivíduos (Fig. 32C). Miliolíneos apesar de possuir poucos representantes, estão distribuídos em quase toda a baía (Fig. 32D). Os rotaliíneos são dominantes em toda a baía (92 a 99,52%) (Fig. 32E).

As ammonias estão presentes em quase toda a baía, sendo verificadas nas estações 1, 2 e 3 as maiores porcentagens deste grupo (Tab. 16). Assim como o grupo das ammonias, os criboelphidiuns também estão presentes em toda a baía, porém em maior porcentagem, principalmente nas estações 9 e 10 (Fig. 33B). *P. cananeaensis* é dominante ou subdominante em várias áreas da baía (Fig. 33C). As espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio apresentam maior concentração nas estações 3, 5, 6, 7 e 10 (Fig. 33D).

O grupo das espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica está presente em toda a baía, com significativa porcentagem, estando as mais elevadas localizadas nas estações 5 e 11 (Fig. 33E). Excetuando a estação 3, o grupo dos jovens rotaliíneos possui poucos representantes, distribuídos na porção central (Fig. 33F).

As espécies indicadoras da ACAS e da AT são pouco numerosas, estando os indivíduos do primeiro grupo concentrados na região central e leste (Fig. 33G), e os do segundo grupo distribuídos esparsamente por toda a baía (Fig. 33H).

5.2.3.4 Composição e distribuição das biocenoses

. Verão/98

Foram encontrados somente 87 indivíduos, distribuídos em 9 espécies (e.g., *A. tépida*, *B. compacta*, *B. donizei*, *B. ordinária*, *B. striatula*, *Bolivina* sp., *B. elegantíssima*, *H. pacífica* e *P. cananeiaensis*) (Tab. 16).

Os maiores valores de densidade e riqueza estão presentes na estação 5, localizada na porção mais externa da enseada. Nesta estação são encontrados 24ind./10cc e 5 espécies. A menor densidade é verificada na região oeste, a qual possui indivíduos somente na estação 11 (Figs. 34A e 34B).

As espécies encontradas, em sua maioria, são indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica (Figs. 35A e 35B; Tab. 16).

SANTOS - VERÃO (1998)												
Estações	1		2		3		4		5		6	
Fração analisada	1/4		1/8		1/4		1/4		1/4		1/4	
Total analisado	497	1	592	2	426	0	201	0	287	6	310	4
n° de espécies	36	1	33	1	18	0	15	0	24	5	24	4
indivíduos/10 cc	1988	4	4736	16	1704	0	804	0	1148	24	1240	16
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Tecamebas												
<i>Diffugia oblonga</i>	1											
Foraminíferos												
<i>Ammonia parkinsoniana</i>			1						1		1	
<i>Ammonia tepida</i>	27		45		56				10	2	6	
<i>Ammonia</i> spp (jovem)	3		9				1		3		4	
<i>Amphycorina scalaris</i>	1											
<i>Angulogerina angulosa</i>												
<i>Bolivina compacta</i>	1										4 1	
<i>Bolivina doniezi</i>	1		4						2	1	3	
<i>Bolivina ordinaria</i>									3	1	2	
<i>Bolivina pulchella</i>	1		3				2				1	
<i>Bolivina striatula</i>	5		5		14				8	1	5 1	
<i>Bolivina</i> sp.											2	
<i>Brizalina variabilis</i>												
<i>Brizalina spathulata</i>											2	
<i>Buccella peruviana</i> f. <i>frigida</i>												
<i>Buliminella elegantissima</i>	5		19 2						8		3 1	
<i>Bulimina marginata</i>	1		1						2		2	
<i>Bulimina pupoides</i>			1									
<i>Cancris sagra</i>			1									
<i>Cassidulina crassa</i> forma <i>media</i>			1		8		1		1			
<i>Cassidulina</i> sp.	1											
<i>Cibicides variabilis</i>	1		1									
<i>Cibicides</i> sp.	1											
<i>Criboelphidium articulatum</i>	1		2									
<i>Criboelphidium discoidale</i>					4							
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	15		17		25		1		22		20	
<i>Criboelphidium</i> spp. juvenile	1											
<i>Cornospira involvens</i>					4							
<i>Discorbis williamsoni</i>	2		17		8		1		8		9	
<i>Eponides repandus</i>	1											
<i>Fissurina lucida</i>	1		1									
<i>Fissurina semimarginata</i>	2		3		3		1		1			
<i>Fissurina</i> sp.			1									
<i>Fursenkoina pontoni</i>	1								1			
<i>Gaudryina exilis</i>	1		1									
<i>Gavelinopsis praegeri</i>											1	
<i>Globigerinoides ruber</i>									2			
<i>Hanzawaia boueana</i>	5		3		18		1		9		11	
<i>Hanzawaia</i> sp.			2									
<i>Haynesina depressula</i>			2				1		3			
<i>Haynesina germanica</i>	2				4							
<i>Hopkinsina pacifica</i>	2	1	2				1		3 1			
<i>Lagena laevis</i>					6							
<i>Lagena striata</i>			1									
<i>Lenticulina</i> sp.												
<i>Lobatula lobatula</i>							1					
<i>Miliolinella</i> sp.	1								1			
<i>Oolina hexagona</i>												
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	384		388		200		184		169		201 1	
<i>Pseudononion atlanticum</i>	15		32		40		3		11		19	
<i>Pseudononion grateloupi</i>	1		14				1		10		2	
<i>Pseudononion opima</i>	3		1						1			
<i>Quinqueloculina milletti</i>	4		9		6				7		5	
<i>Quinqueloculina laevigata</i>			1									
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>	1				4							
<i>Quinqueloculina patagonica</i>					10							
<i>Quinqueloculina seminula</i>											1	
<i>Quinqueloculina</i> sp.					14							
<i>Reophax nana</i>							1					
<i>Rosalina bradyi</i>	1										1	
<i>Rosalina floridensis</i>	1		1		2						1	
<i>Textularia gramen</i>	1		1				1					
<i>Triloculina oblonga</i>	2								1		4	
<i>Triloculina</i> sp.			2									
<i>Trochammina</i> sp.												

Tab. 16 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) e tecamebas, obtida na Baía de Santos durante o verão de 1998.

SANTOS - VERÃO (1998)												
Estações	7		8		9		10		11		12	
Fração analisada	1/4		1/6		1/4		1		1		1	
Total analisado	375	2	208	1	198	3	40	0	103	1	123	0
n° de espécies	27	2	16	1	18	2	14	0	11	1	12	0
indivíduos/10 cc	1500	8	1248	6	792	12	40	0	103	1	123	0
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Tecamebas												
<i>Diffugia oblonga</i>												
Foraminíferos												
<i>Ammonia parkinsoniana</i>			1									
<i>Ammonia tepida</i>	14		3	1	12	1	1		8	1	2	
<i>Ammonia</i> spp (jovem)	3											
<i>Amphycorina scalaris</i>					1							
<i>Angulogerina angulosa</i>					1							
<i>Bolivina compacta</i>					1							
<i>Bolivina doniezi</i>	1				1		1					
<i>Bolivina ordinaria</i>	2						1					
<i>Bolivina pulchella</i>	1		1		1		1		2			
<i>Bolivina striatula</i>	11		3		9		1		5		1	
<i>Bolivina</i> sp.	1	1					1		1			
<i>Brizalina variabilis</i>					1							
<i>Brizalina spathulata</i>												
<i>Buccella peruviana</i> f. <i>frigida</i>			1									
<i>Buliminella elegantissima</i>	7										1	
<i>Bulimina marginata</i>			1				1					
<i>Bulimina pupoides</i>												
<i>Cancris sagra</i>												
<i>Cassidulina crassa</i> forma <i>media</i>	2											
<i>Cassidulina</i> sp.												
<i>Cibicides variabilis</i>												
<i>Cibicides</i> sp.	2		1									
<i>Criboelphidium articulatum</i>	2											
<i>Criboelphidium discoidale</i>	2		5								2	
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	10		24		35		1		6		2	
<i>Criboelphidium</i> spp. <i>juvenile</i>												
<i>Cornospira involvens</i>												
<i>Discorbis williamsoni</i>	18				1		1					
<i>Eponides repandus</i>	1		1									
<i>Fissurina lucida</i>												
<i>Fissurina semimarginata</i>	3											
<i>Fissurina</i> sp.												
<i>Fursenkoina pontoni</i>	2		2									
<i>Gaudryina exilis</i>												
<i>Gavelinopsis praegeri</i>												
<i>Globigerinoides ruber</i>											1	
<i>Hanzawaia boueana</i>	1		9		3				2		4	
<i>Hanzawaia</i> sp.							1					
<i>Haynesina depressula</i>	3											
<i>Haynesina germanica</i>												
<i>Hopkinsina pacifica</i>												
<i>Lagena laevis</i>												
<i>Lagena striata</i>												
<i>Lenticulina</i> sp.									1			
<i>Lobatula lobatula</i>					1							
<i>Miliolinella</i> sp.												
<i>Oolina hexagona</i>					1							
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	247	1	129		110	2	27		63		95	
<i>Pseudononion atlanticum</i>	21		21		11		1		11		11	
<i>Pseudononion grateloupi</i>	9		5		6				1			
<i>Pseudononion opima</i>	1											
<i>Quinqueloculina milleti</i>	7								3			
<i>Quinqueloculina laevigata</i>			1									
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>					1						1	
<i>Quinqueloculina patagonica</i>					2						2	
<i>Quinqueloculina seminula</i>												
<i>Quinqueloculina</i> sp.							1					
<i>Reophax nana</i>												
<i>Rosalina bradyi</i>	1										1	
<i>Rosalina floridensis</i>					1							
<i>Textularia gramen</i>												
<i>Triloculina oblonga</i>	2											
<i>Triloculina</i> sp.												
<i>Trochammina</i> sp.	1						1					

Tab. 16 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) e tecamebas, obtida na Baía de Santos durante o verão de 1998.

TANATOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 32 – Densidade, riqueza e frequência relativa das tecamebas e principais subordens de foraminíferos mortos da Baía de Santos, obtidos no verão de 1998. Dados referentes a tanatocenose – Tabela 16.

TANATOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 33 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a tanatocenose – Tabela 16.

BIOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 34 – Densidade, riqueza e frequência relativa principais subordens de foraminíferos vivos da Baía de Santos, obtidos no verão de 1998. Dados referentes a biocenose – Tabela 16.

BIOCENOSE – VERÃO DE 1998

Fig. 35 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambientes rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes a biocenose – Tabela 16.

5.2.3.5 Análise morfométrica

. Inverno/97

Foram encontradas carapaças de tamanho pequeno, médio e grande, com predominância das médias (Fig. 36).

Carapaças pequenas ($< 125 \mu\text{m}$) ocorrem principalmente na porção mais externa da baía, nas estações 12 (43%) e 11 (21%).

Com exceção da estação 12, carapaças grandes ($500 - 250 \mu\text{m}$), estão presentes em todas as amostras, sendo as maiores porcentagens encontradas nas estações 3 e 6.

Não foram observadas carapaças com tamanho superior a $500 \mu\text{m}$ (macroforaminíferos).

. Verão/98

Observa-se diminuição na porcentagem de carapaças pequenas em quase todas as estações, principalmente na porção mais interna da baía e na estação 12 (Fig. 37). Em contrapartida, a estação 10 (oeste) apresenta significativo aumento de carapaças pequenas, de 13% para 42%.

Carapaças médias são predominantes em toda a baía, com percentual variando entre 58 a 88%.

Carapaças grandes também são verificadas em quase todas as estações, estando as maiores porcentagens presentes nas estações 8 e 9.

Carapaças maiores que $500 \mu\text{m}$, apesar de pouco significativas (1 a 2%), são observadas nas estações 4 e 7.

Fig. 36 – Análise morfométrica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no inverno de 1997.

Fig. 37 – Análise morfométrica realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no verão de 1998.

5.2.3.6 Análise Tafonômica

A maioria das carapaças da tanatocenose está parcialmente fragmentada.

No inverno, as porcentagens variam de 69 a 91%, com distribuição quase homogênea pela região amostrada. No verão, verifica-se aumento nas porcentagens das carapaças parcialmente fragmentadas (71 – 93%), estando as maiores concentrações localizadas próximo a linha de costa, no sentido de oeste para leste e de norte para sul (Figs. 38 e 39).

Nos dois períodos, os maiores percentuais de carapaças sem sinal de abrasão ocorrem na estação 7.

Carapaças totalmente fragmentadas são observadas em maior número no inverno (1 – 8%).

Carapaças sem sinal de abrasão estão em maior número, no inverno, na porção central da baía, e no verão são mais abundantes nas regiões leste e sul.

As carapaças são predominantemente brancas (branco leitoso), existindo poucos exemplares com coloração alaranjada.

O número de carapaças preenchidas por matéria orgânica, de forma geral, é maior no inverno, sendo as concentrações mais altas observadas na porção central e região leste da baía. No verão, as maiores concentrações ocorrem nas porções mais interna (norte) e mais externa (sul) da baía (Figs. 40 e 41).

Não foram identificados exemplares com carapaça limonitizada ou piritizada.

Fig. 38 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no inverno de 1997.

Fig. 39 – Análise tafonômica (preservação) realizada nas carapaças dos foraminíferos obtidos na Baía de Santos no verão de 1998.

Fig. 40 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos coletados no inverno de 1997 na Baía de Santos.

Fig. 41 – Análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos coletados no verão de 1998 na Baía de Santos.

5.3 - EMISSÁRIO SUBMARINO DE SANTOS

5.3.1 Dados hidrográficos – parâmetros físico-químico

5.3.1.1 Batimetria e termossalimetria

As profundidades das amostras coletadas variam de 8 a 10 m, sendo a estação 1 o local mais profundo da área estudada (Fig. 42; Tab. 17).

As temperaturas superficiais variam de 25 a 25,8°C, sendo os menores valores observados nas regiões centro-leste (estações 1, 2, 3 e 10) e sudoeste (estação 5) (Fig. 43A). Já as temperaturas da água do meio variam de 24,9 a 25,2°C e as de fundo de 25,1 a 25,2°C, ocorrendo diminuição das temperaturas de sul para norte (Figs. 43B e 43C).

Com relação aos padrões de distribuição vertical, as estações 7, 9 e 10 apresentam suave estratificação de temperatura, com amplitudes de cerca de 2° C entre superfície e fundo (Fig. 44). Nas demais estações, a coluna de água é praticamente homogênea, com amplitudes abaixo de 0,5°C.

Na região nordeste, os valores de salinidade superficiais estão abaixo do valor estabelecido pelo CONAMA 20/86 (≥ 30 UPS). Além do gradiente salino horizontal, observa-se gradiente salino ascendente da superfície ao fundo, notadamente nas estações 1, 4, 6, 7, 8, 9 e 10 (Fig. 44). Nestas estações há formação de uma suave haloclina.

A partir da análise do Diagrama T/S, identificou-se a Água Costeira, como massa de água atuante no dia da coleta (27/04/2004) (Fig. 45).

Pontos Amostrais	Latitude	Longitude	Hora da Coleta	Temperatura do ar (°C)	Profundidade (m)	Disco de Secchi (m)	Turbidez (UNT)	Temperatura da água (°C)	Salinidade (UPS)	pH	Oxigênio dissolvido (mg.l ⁻¹)	Nitrogênio amoniacal (mg.l ⁻¹)	Nitrogênio Kjeldahl total (mg.l ⁻¹)	Orto-fosfato (mg.l ⁻¹)	Fósforo total (mg.l ⁻¹)
CONAMA 20/86									≥ 30	6,5 a 8,5	6				
1	24,0050	46,3503	09:40	25,5	Superfície (0)	0,1	27,00	25,1	30,70	8,10	6,20	0,74	0,79	0,05	0,16
			09:42		1			25,2			6,20				
			09:43		2			25,2			6,30				
			09:45		3			25,2			6,30				
			09:47		4			25,2			6,30				
			09:50		Meio (5)		27,00	25,2			6,30	0,69	1,78	0,05	0,12
			09:51		6			25,2			6,00				
			09:52		7			25,2			6,00				
			09:53		8			25,2			5,90				
			09:54		9			25,2			6,00				
2	24,0045	46,3503	09:55	25,5	Fundo (10)	1,1	5,70	25,2	32,80	8,10	6,10	0,14	0,35	0,02	0,06
			10:35		Superfície (0)			25			6,60				
			10:34		1			25			6,60				
			10:33		2			25			6,60				
			10:32		3			25			6,60				
			10:30		Meio (4)		3,40	25,1			6,50	0,12	0,48	0,04	0,06
			10:29		5			25,2			6,40				
			10:28		6			25,2			6,30				
			10:27		7			25,2			6,30				
			10:25		Fundo (8)		4,60	25,2			6,20				
3	24,0045	46,3498	11:05	25,5	Superfície (0)	0,7	3,20	25,1		8,10	6,20	0,11	0,37	0,03	0,08
			11:03		1			25,1			6,30				
			11:02		2			25			6,60				
			11:01		3			25			6,70				
			11:00		Meio (4)		3,80	25,1			6,50	0,15	0,39	0,06	0,07
			10:58		5			25,2			6,40				
			10:57		6			25,2			6,30				
			10:56		7			25,3			6,20				
			10:55		Fundo (8)		4,2	25,2			6,10	0,08	0,32	0,02	0,03
4	24,0054	46,3498	11:40	25,5	Superfície (0)	0,5	5,00	25,4		8,00	6,40	0,40	0,50	0,11	0,11
			11:38		1			25,3			6,20				
			11:37		2			25,2			6,10				
			11:36		3			25,1			6,60				
			11:35		4			25,1			6,40				
			11:34		Meio (5)		8,00	25,2			6,40	0,41	0,47	0,06	0,08
			11:33		6			25,2			6,40				
			11:32		7			25,3			6,20				
			11:31		8			25,2			6,10				
			11:30		Fundo (9)		4,60	25,2			6,10	0,10	0,43	0,03	0,04
5	24,0054	46,3508	12:20	27	Superfície (0)	1,3	5,00	25		8,10	6,80	0,98	6,16	0,10	0,13
			12:19		1			25			6,80				
			12:18		2			25,1			6,70				
			12:17		3			25			6,70				
			12:15		Meio (4)		4,50	25			6,70	0,23	0,40	0,05	0,05
			12:14		5			25,1			6,40				
			12:13		6			25,1			6,20				
			12:12		7			25,2			6,40				
			12:10		Fundo (8)			25,2			6,30	0,08	0,35	0,02	0,03

Tab. 17 – Parâmetros hidrográficos obtidos em área circunjacente ao emissário submarino de Santos. Dados fornecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

Pontos Amostrais	Latitude	Longitude	Hora da Coleta	Temperatura do ar (°C)	Profundidade (m)	Disco de Secchi (m)	Turbidez (UNT)	Temperatura da água (°C)	Salinidade (UPS)	pH	Oxigênio dissolvido (mg.l ⁻¹)	Nitrogênio amoniacal (mg.l ⁻¹)	Nitrogênio Kjeldahl total (mg.l ⁻¹)	Orto-fosfato (mg.l ⁻¹)	Fósforo total (mg.l ⁻¹)
CONAMA 20/86									≥ 30	6,5 a 8,5	6				
6	24,0045	46,3508	12:58	26	Superfície (0)	0,9	6,80	25,7	29,80	8,00	6,60	0,55	0,79	0,09	0,13
			12:57		1			25,7	30,00	8,00	6,80				
			12:56		2			25,2	30,70	8,10	7,20				
			12:55		3			25	32,40	8,10	7,40				
			12:54		Meio (4)		7,80	25	32,80	8,10	6,90	0,99	1,17	0,09	0,15
			12:53		5			25	33,10	8,10	6,80				
			12:52		6			25	33,30	8,10	6,80				
			12:51		7			25,1	33,10	8,10	6,50				
			12:50		Fundo (8)		3,30	25,2	33,60	8,10	6,00	0,07	0,35	0,04	0,06
			13:31	24,6	Superfície (0)	0,9	3,70	25,8	30,00	8,10	7,20	0,12	3,60	0,09	0,30
7	24,0036	46,3508	13:30		1			25,8	30,00	8,10	7,20				
			13:28		2			24,9	32,20	8,20	8,10				
			13:27		3			24,9	32,80	8,10	6,60				
			13:26		4			24,9	32,80	8,10	6,80				
			13:25		Meio (5)		7,00	24,9	32,90	8,10	6,70	0,70	6,80	0,09	0,53
			13:24		6			24,9	32,80	8,10	6,80				
			13:23		7			25	32,80	8,10	6,80				
			13:22		8			25,1	33,40	8,10	6,60				
			13:21		9			25,2	33,40	8,10	6,40				
			13:20		Fundo (10)		2,80	25,2	33,70	8,10	5,90	0,48	3,11	0,03	0,21
8	24,0036	46,3498	14:15	24,6	Superfície (0)	1,5	5,00	25,7	30,30	8,10	7,50	0,39	4,38	0,13	0,58
			14:12		1			25,7	30,40	8,10	7,50				
			14:08		2			25,5	31,30	8,10	7,70				
			14:04		3			25,1	31,60	8,10	7,00				
			14:00		Meio (4)		6,50	25	33,00	8,10	6,60	1,41	8,40	0,14	1,71
			13:59		5			25	33,00	8,10	6,60				
			13:58		6			25	33,00	8,10	6,60				
			13:57		7			25,1	33,20	8,10	6,40				
			13:56		Fundo (8)		3,8	25,1	33,20	8,10	6,40	0,17	5	<0,007	0,39
			14:30	24,5	Superfície (0)	1,3	3,00	25,7	30,20	8,10	7,60	0,12	2,57	0,05	0,39
9	24,0036	46,3488	14:28		1			25,7	30,20	8,10	7,60				
			14:27		2			25,4	30,50	8,10	7,60				
			14:26		3			25	32,40	8,10	7,10				
			14:25		Meio (4)		5,80	24,9	32,60	8,10	6,60	0,13	2,52	0,07	0,24
			14:24		5			24,9	32,80	8,10	6,90				
			14:23		6			24,9	32,90	8,10	6,70				
			14:22		7			25	33,10	8,10	6,60				
			14:21		Fundo (8)		4,30	25,1	33,20	8,10	6,50	0,07	2,42	0,04	0,12
			15:02	24,5	Superfície (0)	1,1	5,00	25,1	31,70	8,10	6,10	0,72	2,23	0,15	0,23
			14:59		1			25,6	30,80	8,10	7,10				
10	24,0045	46,3488	14:58		2			25,4	31,30	8,10	6,30				
			14:57		3			25,1	32,00	8,10	6,10				
			14:56		4			24,9	32,80	8,10	6,70				
			14:55		Meio (5)		6,00	24,9	32,80	8,10	6,70	0,40	1,62	0,09	0,17
			14:54		6			24,9	32,90	8,10	6,70				
			14:53		6			25	32,90	8,10	6,60				
			14:52		8			25	33,10	8,10	6,50				
			14:51		9			25,2	33,60	8,10	6,30				
			14:50		Fundo (10)		5,00	25,2	33,60	8,10	6,20	0,10	1,46	0,04	0,14

Tab. 17 (cont.) – Parâmetros hidrográficos obtidos em área circunjacente ao emissário submarino de Santos. Dados fornecidos pela Companhia Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

Fig. 43 – Mapas horizontais dos dados hidrográficos obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos: A/B/C) Temperatura, D/E/F) Salinidade.

Fig. 44 – Perfis verticais dos dados de salinidade e temperatura, observados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Água Costeira (AC): $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S < 35$ UPS

Água Tropical (AT) : $T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36,4$ UPS

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): T 9 a 18°C ; S 34,5 a 36 UPS

45 – Diagrama T/S. Dados obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.1.2 Teores de oxigênio dissolvido (OD) e pH

Os mapas de distribuição horizontal dos teores de OD das águas superficial, do meio e do fundo diferem entre si (Fig. 46A, 46B, 46C). Os menores valores ($6.1 - 6.2 \text{ mg L}^{-1}$) observados na superfície estão concentrados na porção centro-leste da área estudada (i.e., estações 1, 3 e 10) e os maiores (7.2 a 7.6 mg L^{-1}) na porção nordeste (estações 8 e 9) (Fig. 46A).

Os menores teores de OD da água do meio (6.3 mg L^{-1}) estão localizados na saída dos difusores (estação 1) e os maiores valores na região noroeste (6.9 a 6.7 mg L^{-1}) (estações 6 e 7) (Fig. 46A e 46B). Já os menores valores de OD da água de fundo estão agrupados na região noroeste. Nesta região os valores estão abaixo do padrão estabelecido pelo CONAMA 20/86 (i.e., $\leq 6 \text{ mg L}^{-1}$) (Fig. 46C).

De modo geral, os teores de oxigênio tendem a decrescer da superfície rumo ao fundo, contudo, a coluna de água não é fortemente estratificada (Fig. 47).

Com relação ao pH, não foi observada variação longitudinal nem vertical. A coluna de água é homogênea, apresentando valores em torno de 8,1 (Figs. 46D, 46E, 46F).

Fig. 46 – Mapas horizontais dos valores de oxigênio dissolvido (A, B, C) e pH (D, E e F) observados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 47 – Perfis verticais das concentrações de oxigênio dissolvido observadas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.1.3 Turbidez / Transparência da água e Coeficiente de extinção de luz

O local mais turvo da área estudada ocorre na estação 1, localizada na saída do emissário submarino (Fig. 48A, 48B e 48C).

Os maiores valor de turbidez ocorrem na água do meio (3,4 – 27 unt) (Fig. 48B).

Com relação ao sentido da concentração de material particulado em suspensão, é possível notar alteração entre os resultados obtidos.

Enquanto no fundo a diminuição de valores ocorre no sentido de sul para noroeste, no meio da coluna os menores valores estão posicionados na parte central da área amostrada. Na superfície existe inversão em relação ao sentido observado no fundo, ou seja, de sul para noroeste, possuindo a estação 9 a menor concentração.

No fundo nota-se que a dispersão ocorre em sentido anti-horário (centro para noroeste), no meio da coluna verifica-se dispersão, com retorno de material a parte central da região, já na parte superficial a distribuição ocorre aleatoriamente (Fig. 49).

Em decorrência da turbidez apresentada, verifica-se comprometimento da transparência da água, a qual na estação 1 é possível somente nos 10 primeiros centímetros (Fig. 48D).

O cálculo do coeficiente de extinção de luz, segundo Poole & Atkins (1929), mostra que a ausência de luz na zona eufótica inicia-se entre 0,17m a 2,55 m de profundidade (Fig. 48E). De forma geral, as estações com menor penetração de luz na zona eufótica estão posicionadas no entorno do emissário, estações 1 e 4, localizadas na saída e ao sul do emissário submarino, respectivamente. Em contrapartida, as estações com penetração de luz a maiores profundidades estão localizadas a norte da saída do emissário (Fig. 48E).

Fig. 48 - Mapas horizontais dos dados hidrográficos obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos: Turbidez (A/B/C), D) Transparência (Disco de Secchi) e E) Coeficiente de Extinção de Luz.

Fig. 49 – Mapas horizontais da dispersão do material sólido em suspensão, presente em região circunjacente aos difusores do emissário submarino de Santos.

5.3.1.4 Nitrogênio Amoniacal (NH₄)

Os valores de NH₄ obtidos na superfície variam entre 0,12 e 0,98 mg L⁻¹. Os maiores valores (i.e., valores $\geq 0,4$ mg L⁻¹) estão concentrados nas regiões centro-sul, especificamente nas estações 1, 2, 4, 5, 6 e 10 (Fig. 50A). Já os menores valores ocorrem nas regiões norte (estações 7 e 9) e na estação 3.

Os valores de NH₄ da água do meio oscilam entre 0,12 e 1,41 mg L⁻¹, sendo encontrado o teor mais elevado na estação 8 (Fig. 50B). Os valores NH₄ da água de fundo são comparativamente mais baixos que os valores observados na superfície e na água do meio. Apresentam variação de 0,07 a 0,48 mg L⁻¹, estando os valores mais baixos concentrados nas estações 6 e 9 (0,07 mg L⁻¹) e o mais o alto na estação 7 (0,48 mg L⁻¹) (Fig. 50C).

Os valores de NH₄ das águas de superfície e do meio são altos, tendo a maioria das amostras ultrapassado o padrão estabelecido pelo CONAMA 20/86 (i.e, valor máximo aceitável de NH₄ na água é 0,4 mg L⁻¹) (Figs. 50A e 50B). Com relação às águas de fundo, constata-se que somente a estação 7 ultrapassou o valor de 0,4 mg L⁻¹ (Fig. 50C).

5.3.1.5 Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)

Os mapas de distribuição horizontal revelam nítido enriquecimento de NTK nas regiões sudoeste (águas superficiais e do meio) e nordeste (água de fundo) (Figs. 50D, 50E, 50F).

Os valores de NTK obtidos na superfície variam entre 0,5 e 6,16 mg L⁻¹, ocorrendo os valores mais elevados na estação 5 (6,16 mg L⁻¹) (Fig. 50D). Os teores de NTK da água do meio variam de 0,58 a 1,34 mg L⁻¹. O maior teor é observado na estação 5 (1,34 mg L⁻¹) e os mais baixos nas estações 3 (0,58 mg L⁻¹) e 1 (0,63 mg L⁻¹) (Fig. 50E). Os resultados da análise da água de fundo mostram que o teor mais elevado de NTK ocorre na estação 8 (5 mg L⁻¹) e os menores nas estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Fig. 50F).

50 – Mapas horizontais das concentrações de Nitrogênio amoniacal (A, B, C) e Nitrogênio Kjeldahl (D, E, F), observadas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.1.6 Fósforo total (Pt)

Os perfis horizontais de Pt mostram aumento progressivo das concentrações de sul para norte, nas águas de superfície e do meio (Figs. 51A, 51B). Já na água de fundo há tendência das maiores concentrações se concentrarem na região sudeste (Fig. 51C).

Excetuando-se os valores observados na água do meio das estações 7 e 8 (0,53 e 1,71 mg L⁻¹, respectivamente), os maiores valores de Pt estão concentrados nas águas superficiais (Figs. 51A, 51B e 51C). Da superfície rumo ao fundo, os valores de Pt tendem a diminuir progressivamente. Por exemplo, os valores de Pt da água de fundo variam de 0,042 a 0,149 mg L⁻¹, estando os maiores valores presentes nas estações 4 e 10 e os menores nas estações 5 e 9 (Fig. 51C).

Os valores de Pt obtidos nas imediações do emissário submarino são muito elevados. Praticamente todas as estações excederam o valor máximo de fósforo de 0,062 mg L⁻¹, permitido pelo CONAMA 20/86.

A correlação, através de perfis verticais, entre os resultados obtidos de OD e Pt, torna possível verificar relação inversa de concentração, ou seja, quanto maior a concentração de Pt mais empobrecido de oxigênio dissolvido é o ambiente. Tal relação possui maior evidência nas análises realizadas no meio e superfície da coluna d'água (Fig. 52).

5.3.1.7 Ortofosfato

Os valores de ortofostato oscilam entre inferior a 0,007 a 0,15 mg L⁻¹.

Os maiores valores são observados na superfície nas porções centro-leste e norte (estações 8 e 10) (Fig. 51D).

Assim como o verificado para o fosfato, os valores de ortofosfato tendem a diminuir progressivamente rumo ao fundo.

Na água do meio, os padrões de distribuição horizontal dos teores de ortofosfato continuam semelhantes ao da água superficial (Fig. 51E e 51D). Já o padrão de distribuição da água do fundo é diferente, havendo concentração deste nutriente nas porções leste e oeste (Fig. 51F).

Fig. 51 – Mapas horizontais das concentrações de Fósforo total (A, B, C) e Ortofosfato (D, E, F) observadas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 52 – Perfis verticais de correlação observada entre OD e Fósforo total em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.2 Parâmetros Hidrobiológicos

5.3.2.1 Clorofila a

Os valores de clorofila a na região do emissário variam de 1,87 a 9,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tab. 18). As menores concentrações são observadas em estações posicionadas próximo a saída do emissário submarino, estações 1 - 4 (Fig. 53A).

Em contrapartida, os maiores valores são observados na parte mais externa da rede amostral, ou seja, regiões oeste (estação 6), norte (estações 7, 8 e 9) e leste (estação 10).

5.3.2.2 Feofitina

Os valores de feofitina variam de 1,3 a 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

As maiores concentrações estão presentes nas estações 2 e 4, e as menores nas estações 1 e 3 (cf. Fig. 53B com 53A).

Fig. 53 – Mapas horizontais dos valores de clorofila-a (A) e feofitina (B) observados na superfície da região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Pontos amostrais	Latitude	Longitude	Hora da Coleta	Profundidade (m)	Coli Fecal (UFC/100ml)*	Enterococos (UFC/100ml)	Clorofila a (1a. Análise)	Clorofila a (2a. Análise)	Média de Clorofila a	Feofitina a (1a. Análise)	Feofitina a (2a. Análise)	Média de Feofitina a
CONAMA 20/86					1000	100						
1	24,0050	46,3503	09:40	Superfície (0)	172	35	2,67	4,01	3,34	2	3,47	2,735
			09:42	1								
			09:43	2								
			09:45	3								
			09:47	4								
			09:50	Meio (5)	60	52						
			09:51	6								
			09:52	7								
			09:53	8								
			09:54	9								
2	24,0045	46,3503	09:55	Fundo (10)	43	29						
			10:35	Superfície (0)	104	44	3,56	1,78	2,67	11,4	4,45	7,925
			10:34	1								
			10:33	2								
			10:32	3								
			10:30	Meio (4)	73	15						
			10:29	5								
			10:28	6								
			10:27	7								
			10:25	Fundo (8)	84	8						
3	24,0045	46,3498	11:05	Superfície (0)	216	40	1,6	2,14	1,87	1,02	1,6	1,31
			11:03	1								
			11:02	2								
			11:01	3								
			11:00	Meio (4)	67	8						
			10:58	5								
			10:57	6								
			10:56	7								
			10:55	Fundo (8)	29	16						
			11:40	Superfície (0)	172	10	3,74	2,14	2,94	5,35	4,34	4,845
4	24,0054	46,3498	11:38	1								
			11:37	2								
			11:36	3								
			11:35	4								
			11:34	Meio (5)	47	8						
			11:33	6								
			11:32	7								
			11:31	8								
			11:30	Fundo (9)	18	10						
			12:20	Superfície (0)	46	11	5,35	4,34	4,845	2,37	3,61	2,99
5	24,0054	46,3508	12:19	1								
			12:18	2								
			12:17	3								
			12:15	Meio (4)	30	6						
			12:14	5								
			12:13	6								
			12:12	7								
			12:10	Fundo (8)	24	4						

Tab. 18 - Parâmetros hidrobiológicos obtidos em 27/04/2004 em área circunjacente ao emissário submarino de Santos. Dados fornecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

Pontos Amostrais	Latitude	Longitude	Hoar da Coleta	Profundidade (m)	Coli Fecal (UFC/100ml)*	Enterococos (UFC/100ml)	Clorofila a (1a. Análise)	Clorofila a (2a. Análise)	Média de Clorofila a	Feofitina a (1a. Análise)	Feofitina a (2a. Análise)	Média de Feofitina a	
6	24,0045	46,3508	12:58	Superfície (0)	57	0	7,02	6,35	6,685	3,04	3,24	3,14	
			12:57	1									
			12:56	2									
			12:55	3									
			12:54	Meio (4)	33	20							
			12:53	5									
			12:52	6									
			12:51	7									
7	24,0036	46,3508	12:50	Fundo (8)	37	6							
			13:31	Superfície (0)	72	5	6,95	8,02	7,485	3,15	3,54	3,345	
			13:30	1									
			13:28	2									
			13:27	3									
			13:26	4									
			13:25	Meio (5)	66	9							
			13:24	6									
			13:23	7									
			13:22	8									
8	24,0036	46,3498	13:21	9									
			13:20	Fundo (10)	6	4							
			14:15	Superfície (0)	36	2	9,62	5,88	7,75	1,6	3,47	2,535	
			14:12	1									
			14:08	2									
			14:04	3									
			14:00	Meio (4)	6	19							
			13:59	5									
			13:58	6									
			13:57	7									
9	24,0036	46,3488	13:56	Fundo (8)	5	13							
			14:30	Superfície (0)	4	2	8,55	3,21	5,88	3,42	0,91	2,165	
			14:28	1									
			14:27	2									
			14:26	3									
			14:25	Meio (4)	46	2							
			14:24	5									
			14:23	6									
10	24,0045	46,3488	14:22	7									
			14:21	Fundo (8)	50	7							
			15:02	Superfície (0)	16000	1600	9,09	10,16	9,625	3,26	2,57	2,915	
			14:59	1									
			14:58	2									
			14:57	3									
			14:56	4									
			14:55	Meio (5)	3300	1100							
			14:54	6									
			14:53	6									
			14:52	8									
			14:51	9									
			14:50	Fundo (10)	580	60							

Tab. 18 (cont.) - Parâmetros hidrobiológicos obtidos em 27/04/2004 em área circunja-
cente ao emissário submarino de Santos. Dados fornecidos pela
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

5.3.2.3 Índice do Estado Trófico (IET)

Todas as estações analisadas apresentam índice do estado trófico superior a 80 (Tab. 19), o que define a região como ambiente em elevado de estado de eutrofização.

Estação	IET (P) (Fósforo)	IET (S) (Disco de Secchi)	IET (CL) Clorofila a)	IET (P+S+CL/3)	Estado Trófico (Classificação)
1	96,81	111,01	69,56	92,46	Hipereutrófico
2	96,81	76,37	67,24	80,14	Hipereutrófico
3	92,75	82,75	63,62	79,71	Hipereutrófico
4	91,44	87,68	68,11	82,41	Hipereutrófico
5	94,05	73,91	73,18	80,38	Hipereutrófico
6	94,05	79,13	76,37	83,18	Hipereutrófico
7	106,37	79,13	77,53	87,68	Hipereutrófico
8	115,65	71,88	77,82	88,45	Hipereutrófico
9	109,85	73,91	75,21	86,32	Hipereutrófico
10	102,17	76,37	80,14	86,23	Hipereutrófico

Tab. 19 – Análise do Índice do Estado Trófico (IET) da região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.3 Parâmetros Microbiológicos

5.3.3.1 Coliforme fecal

As concentrações de coliformes fecais foram analisadas nas águas de fundo, meio e superfície, verificando-se aumento do fundo rumo à superfície e de oeste para leste (Figs. 54A, 54B e 54C).

Os valores encontrados na água de fundo variam entre 5 e 580 c.f. por 100 ml (Fig. 54C), na água do meio os valores oscilam entre 6 e 3300 c.f. por 100 ml (Fig. 54B), e na superfície variam de 4 a 16000 por 100 ml (Fig. 54A), possuindo a estação 10 os maiores valores nas três análises.

5.3.3.2 Enterococos

Assim como o observado para os coliformes fecais, o aumento de concentração de enterococos na coluna vertical ocorre do fundo para a superfície e na horizontal de oeste para leste (Figs. 54D, 54E e 54F), estando as maiores concentrações posicionadas na estação 10, a qual na análise da água do meio e do fundo ultrapassa o valor estabelecido pelo Padrão CONAMA 20/86 (i.e. 100 enterococos por 100 ml de água).

Fig. 54 – Mapas horizontais dos valores de Coliforme fecais (A, B, C) e Enterococos (D, E, F) das águas de superfície, meio e fundo da região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.4 Parâmetros Sedimentológicos

5.3.4.1 Granulometria

Os sedimentos estudados apresentam características bimodais nas frações siltosa e arenosa (Fig. 55A). O mapa de distribuição do diâmetro médio revela granodecrescência dos sedimentos de sul para norte (Tab. 20, Fig. 55B). Por exemplo, as estações 1, 2, 4, 5 e 10 caracterizam-se pela presença marcante de areia muito fina (Fig. 55A). Já nas estações 3, 6, 7, 8 e 9 ocorre a deposição de silte grosso (Fig. 55A).

Com relação ao grau de seleção, todos os sedimentos são pobremente selecionados (Fig. 55B).

Estação	D. Médio Φ	Classificação Wentword (1922)	G. Seleção	Classificação Folk & Ward (1957)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Silte + Argila (%)
1	3,65	areia mto fina	1,46	pobremente selecionado	87,34	7,77	4,89	12,66
2	3,78	areia mto fina	1,73	pobremente selecionado	70,97	23,63	5,4	29,03
3	4,65	silte grosso	1,99	pobremente selecionado	53,93	36,6	9,43	46,03
4	3,87	areia mto fina	1,74	pobremente selecionado	80,1	13,51	6,39	19,9
5	3,63	areia mto fina	1,03	pobremente selecionado	92,94	4,25	2,81	7,06
6	4,18	silte grosso	1,74	pobremente selecionado	73,28	19,17	7,55	26,72
7	4,28	silte grosso	1,87	pobremente selecionado	74,56	15,7	9,74	25,44
8	4,26	silte grosso	1,82	pobremente selecionado	71,64	20,09	8,27	28,36
9	4,05	silte grosso	1,69	pobremente selecionado	79,07	13,88	7,05	20,93
10	3,57	areia mto fina	1,88	pobremente selecionado	74,07	20,01	5,92	25,93

Tab. 20 - Dados granulométricos e classificação dos sedimentos de fundo, obtidos em área circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 55 – Mapas horizontais dos dados granulométricos obtidos em área circunjacente ao emissário submarino de Santos: A) Diâmetro médio, B) Grau de seleção, C) Areia e D) Lama.

5.3.4.2 Teores de Carbonato de Cálcio

Os teores de carbonato de cálcio são quase sempre abaixo de 30%, indicando que a região situada ao redor do emissário é ambiente de sedimentação litoclástica (Fig. 56A). Os menores valores de CaCO_3 (6.1-6.2%) são encontrados na porção sul, mais especificamente nas estações 5 e 4, onde ocorrem as maiores porcentagens de areia (Fig. 55C e 56A). Os maiores valores de CaCO_3 , por sua vez, estão associados a altas porcentagens de lama (Fig. 55D, 56A).

5.3.4.3 Teores de Carbono orgânico, Nitrogênio total, Enxofre total, Fósforo total,

Fósforo inorgânico e Fósforo orgânico

As maiores concentrações de carbono orgânico são verificadas nas estações 7 e 3, com 2,00 e 1,96%, respectivamente, estando presente na estação 5 o menor percentual, ou seja, teor inferior a 0,13% (Fig. 56B). As maiores concentrações de nitrogênio ocorrem nas estações 3 (0,14%) e 7 (0,16%) e as menores concentrações são verificadas nas estações 1 (0,02%) e 5 (< 0,016%) (Fig. 56C). As maiores concentrações de enxofre total estão presentes nas estações 2 (0,50%), 3 (0,69%) e 7 (0,42%) e as menores nas estações 1 (0,014%) e 5 (0,04%) (Fig. 56D).

Os teores mais elevados de fósforo total são observados nas estações 4 (0,058%) e 10 (0,056%), e os menores nas estações 5 (0,016%) e 9 (0,026%). O padrão de distribuição de fósforo inorgânico é semelhante ao verificado para fósforo total, ou seja, as maiores concentrações são observadas nas estações 4 e 10, 0,055% e 0,05%, respectivamente, e as menores nas estações 5 (0,013%) e 9 (0,02%) (56E).

A distribuição de fósforo orgânico, diferentemente do verificado para fósforo total e inorgânico, possui aumento de sudeste para noroeste. As maiores concentrações estão presentes nas estações 2 (30%), 3 (31%) e 7 (32%), e as menores nas estações 1(6,6%) e 4 (5,6%) (56G).

5.3.4.4 Razões C/N, C/S e C/P

Os resultados das razões C/N indicam que a matéria orgânica encontrada na área estudada tem origem mista, ou seja, a M.O. é constituída por fragmentos vegetais vasculares, provenientes da região estuarina e/ou do emissário, bem como por restos de plâncton marinho (Fig. 57A). Observa-se matéria orgânica de origem continental somente na estação 4 (razão 19).

De modo geral os resultados obtidos para as razões C/P indicam predominância de matéria orgânica de origem continental (razão > 106), com valores variando entre 37,7 a 255 (Fig. 57C).

Os valores encontrados para a razão C/S variam entre 1,9 a 4,8 (Fig. 57B). Valores iguais e/ou inferiores a 2,9 (i.e. que indicam a presença de ambiente anóxico) são observados nas estações 1, 3 e 4 (Fig. 57B). O menor valor de C/S (1,9) é encontrado na estação 1, localizada na saída do emissário submarino. Este valor é muito baixo, sugerindo a presença de ambiente euxínico. Os demais locais estudados apresentam baixos valores de C/S, indicando que o ambiente de modo geral tende a redutor.

Estação	% Carbonato de Cálcio	% Carbono orgânico	% Nitrogênio total	% Enxofre total	% Fósforo total	% Fósforo orgânico	% Fósforo inorgânico	Razão C/N	Razão C/S	Razão C/P
1	6,20	0,280	0,019	0,145	0,04696	0,00310	0,04386	15,05	1,93	90,323
2	15,90	1,610	0,111	0,503	0,04382	0,01314	0,03068	14,54	3,20	122,527
3	20,70	1,960	0,137	0,687	0,04496	0,01386	0,03110	14,35	2,85	141,414
4	11,90	0,830	0,044	0,314	0,05796	0,00325	0,05471	18,91	2,64	255,385
5	6,10	0,130	0,016	0,047	0,01617	0,00345	0,01272	8,13	3,03	37,681
6	13,40	1,100	0,111	0,278	0,04022	0,00823	0,03200	9,95	3,99	133,657
7	15,60	2,000	0,165	0,419	0,04295	0,01367	0,02928	12,12	4,77	146,306
8	13,50	1,070	0,097	0,283	0,03439	0,00778	0,02661	11,08	3,78	137,532
9	11,20	0,650	0,068	0,180	0,02592	0,00563	0,02029	9,60	3,61	115,453
10	12,20	0,650	0,073	0,165	0,05650	0,00624	0,05026	8,95	3,94	104,167

Tab. 21 - Dados geoquímicos, razões C/N, C/S e C/P obtidos em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 56 – Mapas horizontais das porcentagens de: A) Carbonato de Cálcio, B) Carbono orgânico, C) Nitrogênio total, D) Enxofre total, obtidas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 56 (cont.) – Mapas horizontais das porcentagens de: E) Fósforo total, F) Fósforo inorgânico e G) Fósforo orgânico, obtidas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 57 – Razões C/N, C/S e C/P obtidas em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.5 Parâmetros microfaunísticos

5.3.5.1 Composição e distribuição das tanatocenoses

O maior valor de densidade (9216 ind./10cc) é encontrado na estação 10, localizada a 200 m da saída do emissário submarino, e o menor valor ocorre na estação 7 (1448ind/10cc) (Fig. 58A, Tab. 22).

As estações 2 e 4 são as estão posicionadas nos locais mais ricos em espécies, com 43 e 42 espécies, respectivamente (Fig. 58B).

Foraminíferos pertencentes à subordem Rotaliina são formas predominantes em toda a área estudada (Fig. 58E).

Textulariíneos são escassos, tendo sido encontrados somente 8 indivíduos, presentes nas estações 2, 3, 6 – 10 (Fig. 58C). Miliolídeos são pouco abundantes (0,2 a 4,3%), porém presentes em todas as estações (58D).

Com exceção da estação 3, *Pararotalia cananeaensis*, é dominante em todas as estações.

O grupo das ammonias possui distribuição heterogênea, estando os maiores percentuais presentes nas estações 8, 9 e 10 (Fig. 59A), regiões norte, nordeste e leste, respectivamente.

As maiores concentrações de criboelphidiuns, ao contrário do grupo das ammonias, estão localizadas a oeste do emissário, excetuando-se a estação 10 (região leste), a qual possui a maior porcentagem de indivíduos (8,9%) (Fig. 59B).

O grupo formado pelas espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio é observado em todas as estações, sendo as maiores porcentagens observadas nas estações 3 (7,4%), 4 (7,3%) e 9 (8,1%), ocorrendo o contrário com as estações 1 e 5, 4,3% e 3,3%, respectivamente (Fig. 59D).

O grupo das espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica está presente em todas as estações analisadas, com porcentagem variando entre 9,8 a 16,2%. As maiores porcentagens são observadas nas estações 2 e 3 (porção central), 6 (região oeste) e 8 (região norte) (Fig. 59E). A estação 5, assim como o observado para as espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio, possui o menor percentual (9,8%).

Os jovens rotaliíneos, indicadores de ambiente com baixa energia hidrodinâmica, estão presentes em todas as estações, sendo predominantes na estação 3 (22%), que também possui a maior porcentagem de finos (Figs. 59F e 55D). As menores porcentagens ocorrem nas estações 4 (3,2%) e 5 (2,8%).

Observam-se na região amostrada, espécies indicadoras de Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Tropical, sendo predominante as pertencentes ao primeiro grupo (Figs 59G e 59H). Representantes da ACAS, apesar de poucos indivíduos, estão presentes em todas as estações, principalmente na estação 3 (Fig. 59G). Representantes da AT são escassos (0,7%) e tendem a se concentrar na estação 2 (Fig. 59H).

Estação	1		2		3		4		5	
Fração analisada	1/8	1	1/4	1	1/8	1	1/8	1	1/4	1
total analisado	396	102	428	106	417	104	532	102	459	66
n° de espécies	34	11	43	16	37	15	42	17	34	17
indivíduos/cc	3168/10	102/80	1712/10	106/50	3336/10	104/110	4256/10	102/100	1836/10	66/110
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Tecamebas										
<i>Lagenodiffugia vas</i>			6							
<i>Diffugia urceolata</i>									1	
<i>Diffugia oblonga</i>			1		1					
<i>Centropyxix constricta</i>										
<i>Diffugia globulosa</i>										
<i>Diffugia sp.</i>										
<i>Centropyxix constricta</i>					1					
Foraminíferos										
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	5		4	4	2	2	6	4	5	4
<i>Ammonia tepida</i>	11	19	14	15	19	12	23	14	11	11
<i>Ammonia sp.</i>	2	9		3	1	2	5	4	3	
<i>Ammonia sp. (jovem)</i>	2	15	2	10	9	6	6	9	3	6
<i>Angulogerina angulosa occidentalis</i>	1								2	
<i>Angulogerina sp.</i>			2						2	
<i>Bolivina compacta</i>		1		2	1	2		3		1
<i>Bolivina danvillensis</i>							5		1	
<i>Bolivina doniezi</i>	6	3	5		4		3	2	3	2
<i>Bolivina ordinaria</i>			3	1	4		6		1	
<i>Bolivina pulchella</i>			2		2		3		1	
<i>Bolivina translucens</i>	2		5		4			2	1	
<i>Bolivina sp.</i>	1		5	2	2	4	2	5	4	2
<i>Brizalina striatula</i>	10	5	4	7	1	2	9	10	10	8
<i>Bulimina marginata</i>	1				2		1			
<i>Bulimina elongata</i>			2							
<i>Bulimina sp.</i>			1					1		
<i>Buliminella elegantissima</i>	7	7	20	4	26		14	7	7	5
<i>Cassidulina crassa forma media</i>			4		5		1		1	
<i>Cassidulina laevigata</i>							1			
<i>Cassidulina minuta</i>			2							
<i>Cassidulina rossensis</i>										
<i>Cassidulina subglobosa</i>							2			
<i>Cibicides aknerianus</i>	1		1							
<i>Cibicides mckannai</i>										
<i>Cibicides variabilis</i>		3	6	1	4	2	2	1		
<i>Cibicides sp.</i>			1			2	4			
<i>Cycloforina sp.</i>			1							
<i>Cyclogira planorbis</i>										
<i>Criboelphidium advenum</i>										
<i>Criboelphidium discoidale</i>	3								3	
<i>Criboelphidium excavatum</i>			2		1		3		3	
<i>Criboelphidium gunteri</i>									1	
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	5	1	4		3		9		4	
<i>Criboelphidium sp.</i>	2		3			1	2		4	
<i>Criboelphidium sp. (jovem)</i>	5		3		6		5		3	1
<i>Discorbis bertheloti</i>										
<i>Discorbis willamsoni</i>	10		14		24	1	22		8	
<i>Fissurina laevigata</i>	1		1		3		3		3	
<i>Fursenkoina pontoni</i>			1				1			
<i>Fursenkoina riggi</i>	1				1					
<i>Gaudryina exilis</i>				1						
<i>Globigerinoides ruber</i>	1				2				1	
<i>Hanzawaia boueana</i>	4		4		2		7		7	
<i>Hopkinsina pacifica</i>	1	1			2	2	1		1	1
<i>Lagena sulcata f. lyellii</i>	1						1		1	
<i>Lagenosolenia lagenoides</i>			1							
<i>Lobatula lobatula</i>							4			
<i>Mychostomina revertens</i>					2					
<i>Neocornobina tarquemi</i>										
<i>Nonionella sp.</i>									2	
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	267	25	245	29	167	35	327	26	334	18
<i>Patelina corrugata</i>										
<i>Pseudononion atlanticum</i>	16		14		9		13	1	9	1
<i>Pseudononion grateloupi</i>	3		4		1		5			
<i>Pseudononion opima</i>	1		1				1			
<i>Pseudononion sp.</i>	7		2		6		10		7	
<i>Pyrgo ringens</i>			2							
<i>Quinqueloculina atlantica</i>			4		3		2			
<i>Quinqueloculina brodermani</i>							1			
<i>Quinqueloculina milleti</i>	1		2		6		3	1		
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>			1							
<i>Quinqueloculina patagonica</i>							1			
<i>Quinqueloculina cf. polygona</i>										
<i>Quinqueloculina seminula</i>										
<i>Quinqueloculina sp.</i>	2		8		10		5		1	
<i>Rolshausheni rolshauseni</i>	2						1		2	1
<i>Rosalina floridana</i>	2		1		1					
<i>Spiroplectmina biformis</i>					1					1
<i>Stanforthia concava</i>										
<i>Textularia earlandi</i>			1	1				1		1
<i>Textularia sp.</i>										
<i>Triloculina baldai</i>							1			
<i>Triloculina cultrata</i>										
<i>Triloculina oblonga</i>	1		1	1	2		4	1		1
<i>Triloculina sp.</i>										
<i>Uvigerina bifurcata</i>					1					
<i>Uvigerina peregrina</i>			1							
<i>Uvigerina striata</i>										
<i>Jovem Rotaliineo</i>	8	13	23	18	77	29	6	10	7	1
<i>Fragmento</i>	3		1		1		1		3	

Tab. 22 – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos)
obtida em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Estações	6		7		8		9		10	
Fração analisada	1/8	1	1/4	1	1/8	1	1/4	1	1/16	1
total analisado	333	123	362	101	330	104	545	112	576	135
n° de espécies	38	25	39	16	35	14	37	16	40	16
indivíduos/cc	2664/10	123/80	1448/10	101/50	2640/10	104/100	2180/10	112/90	9216/10	135/20
M = Mortos; V = Vivos	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
Tecamebas										
<i>Lagenodiffugia vas</i>		5		1		2				
<i>Diffugia urceolata</i>		6								
<i>Diffugia oblonga</i>		2						1		
<i>Centropyxix constricta</i>		2								
<i>Diffugia globulosa</i>		4								
<i>Diffugia sp.</i>		1								
<i>Centropyxix constricta</i>		2								
Foraminíferos										
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	1	1	2	5	3	1	5	4	7	2
<i>Ammonia tepida</i>	15	11	9	12	26	22	28	19	33	43
<i>Ammonia sp.</i>		1	2	2		6	6	6	11	3
<i>Ammonia sp. (jovem)</i>	5	4	3	8	5	11	5	9	3	8
<i>Angulogerina angulosa occidentalis</i>										
<i>Angulogerina sp</i>			1				1		1	
<i>Bolivina compacta</i>		3		1		3		1	1	2
<i>Bolivina danvillensis</i>									1	
<i>Bolivina doniezi</i>	3	1		1	11	1	7		17	6
<i>Bolivina ordinaria</i>	2		4				2	1		5
<i>Bolivina pulchella</i>	2		1		1				3	
<i>Bolivina translucens</i>	2		3	2	2		4	1		3
<i>Bolivina sp.</i>	2	4	3	1	3	4	3	1	11	5
<i>Brizalina striatula</i>	2	1	1	3	4	2	2	4	12	19
<i>Bulimina marginata</i>			1						1	
<i>Bulimina elongata</i>										
<i>Bulimina sp.</i>										
<i>Buliminella elegantissima</i>	9	6	8	3	12	10	25	4	10	7
<i>Cassidulina crassa forma media</i>	1		1		3		6		3	
<i>Cassidulina laevigata</i>										
<i>Cassidulina minuta</i>									1	
<i>Cassidulina rossensis</i>									1	
<i>Cassidulina subglobosa</i>	1									
<i>Cibicides aknerianus</i>	1		3							
<i>Cibicides mckannai</i>	1									
<i>Cibicides variabilis</i>	2	1	1	1	2			3	2	1
<i>Cibicides sp.</i>					2		2			
<i>Cycloforina sp.</i>										
<i>Cyclogira planorbis</i>						1			1	
<i>Criboelphidium advenum</i>					1		5			
<i>Criboelphidium discoidale</i>	2				2		1			
<i>Criboelphidium excavatum</i>	2								1	
<i>Criboelphidium gunteri</i>			1							
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	2		12		4		2		16	
<i>Criboelphidium sp.</i>	4	1	1		1	1	2		14	
<i>Criboelphidium sp. (jovem)</i>	3		4		4		5			
<i>Discorbis bertheloti</i>	1									
<i>Discorbis williamsoni</i>	12		8		11		29		18	
<i>Fissurina laevigata</i>	2		2		2		5		4	
<i>Fursenkoina pontoni</i>					4					1
<i>Fursenkoina riggi</i>										
<i>Gaudryina exilis</i>	1	1	1			1			1	1
<i>Globigerinoides ruber</i>							4			
<i>Hanzawaia boueana</i>	3		8		3		12		7	
<i>Hopkinsina pacifica</i>	4	1	1	1			1	1	1	
<i>Lagena sulcata f. lyellii</i>										
<i>Lagenosolenia lagenoides</i>										
<i>Lobatula lobatula</i>										
<i>Mychostomina revertens</i>			2						1	
<i>Neocornobina tarquemi</i>					1					
<i>Nonionella sp.</i>										
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	178	28	208	38	168	19	283	35	329	17
<i>Patelina corrugata</i>			1				1			
<i>Pseudononion atlanticum</i>	12	2	14		2		6		9	
<i>Pseudononion grateloupi</i>	4		2	1	3		2			
<i>Pseudononion opima</i>			2		1		5		3	
<i>Pseudononion sp.</i>	12		11		7		19	1	6	
<i>Pyrgo ringens</i>										
<i>Quinqueloculina atlantica</i>	2			1					1	
<i>Quinqueloculina brodermani</i>										
<i>Quinqueloculina milleti</i>	3		2		4		4		3	
<i>Quinqueloculina lamarckiana</i>					1					
<i>Quinqueloculina patagonica</i>			1						3	
<i>Quinqueloculina cf. polygona</i>			1		2					
<i>Quinqueloculina seminula</i>	1		2							
<i>Quinqueloculina sp.</i>	5		5		5		5		4	
<i>Rolshausheni rolshausheni</i>			1		1				2	
<i>Rosalina floridana</i>	2	1	1				1		2	
<i>Spiroplectmina biformis</i>										
<i>Stanforthia concava</i>								1		
<i>Textularia earlandi</i>										
<i>Textularia sp.</i>					2		1			
<i>Triloculina baldai</i>	1						1			
<i>Triloculina cultrata</i>		1								
<i>Triloculina oblonga</i>	1	1					2		2	1
<i>Triloculina sp.</i>							1			
<i>Uvigerina bifurcata</i>										
<i>Uvigerina peregrina</i>										
<i>Uvigerina striata</i>									1	
<i>Jovem Rotalíneo</i>	27	32	21	20	18	20	50	20	21	11
<i>Fragmento</i>			7		8		2		8	

Tab. 22 (cont.) – Frequência absoluta de espécies de foraminíferos (vivos e mortos) obtida em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

TANATOCENOSE

Fig. 58 – Densidade, riqueza e freqüência relativa das principais subordens de foraminíferos obtidos na região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

TANATOCENOSE

Fig. 59 – Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambiente rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS).

5.3.5.2 Composição e distribuição das biocenoses

Para a análise da biocenose, diferentemente do realizado para a análise da tanatocenose, foram utilizados mais de 10 cc de sedimento para a obtenção de 100 exemplares. A quantidade de sedimento utilizada variou de 20 a 110 cc (Fig. 60, Tab. 22).

Foram identificadas 37 espécies de foraminíferos e 7 espécies de tecamebas, as quais estão apresentadas na Tabela 22.

A estação 10 (135 ind./20cc de sedimento), localizada à leste do emissário submarino, apresenta a maior densidade, ocorrendo o contrário na estação 5 (66 ind./110 cc de sedimento), localizada ao sul do emissário (Fig. 60A). É importante ressaltar que devido ao fato da quantidade de sedimento de ter sido insuficiente, foram encontrados somente 66 indivíduos. No entanto, através da média verificada em todas as amostras, infere-se que o menor valor está presente na estação 5.

A maior diversidade é verificada na estação 6 (norte do emissário), onde foram encontradas 19 espécies de foraminíferos e 7 espécies de tecamebas. Observa-se na estação 1, localizada na saída do emissário submarino, a menor diversidade, ou seja, 12 espécies (Fig. 60B).

Através da identificação dos indivíduos encontrados, verifica-se a presença de espécies raras, acessórias e subdominantes, as quais estão divididas entre as subordens Textulariina, Miliolina e Rotaliina. Os rotaliíneos são predominantes em todas as amostras, com porcentagens variando entre 79,7 a 100% (Fig. 60E). São poucos os representantes da subordem Textulariinea (3%), os quais estão concentrados nas estações 2, 4 – 6, 8 e 10, possuindo a estação 5 a maior porcentagem de indivíduos (Fig. 60C). Miliolíneos, assim como os Textulariíneos possuem poucos representantes (< 2%), estando ausentes nas estações 1, 3 e 9 (Fig. 60D).

Pararotalia cananeaensis e *Ammonia* spp. são espécies subdominantes na região analisada (Figs. 61A e 61C).

Com exceção das estações 1, 4 e 10, tecamebas estão presentes em todas as amostras. As maiores densidades estão localizadas em estações localizadas em região circunjacente ao início dos difusores, ou seja, estações 2 e 6 (Fig. 60C). A estação 6 apresenta não somente a maior densidade como também a maior diversidade, 22 indivíduos distribuídos em 7 espécies.

O grupo das ammonias possui distribuição heterogênea na região amostrada. As maiores porcentagens são observadas na saída do emissário submarino (estação 1 – 27,5%), norte (estação 8 – 27,9%, estação 9 – 25,7%) e a leste (estação 10 – 35,6%), a qual possui o maior percentual de indivíduos (Fig. 61A).

Diferentemente do verificado no grupo acima, os cribroelphidiuns são quase ausentes (1%), com representantes somente nas estações 1, 3, 6 e 8 (61B).

Espécies indicadoras de ambiente rico em oxigênio estão distribuídas em quase todas as estações. Contudo, o percentual encontrado não ultrapassa 5%. A maior abundância de indivíduos está presente na estação 3 (4,8%) e as menores na estação 10 (0,7%) e nas estações 5 e 8, ambas com 0% (Fig. 61D).

Em contrapartida, as espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica estão distribuídas por toda a região amostrada, com percentual oscilando entre 9,6 e 35,6%. As maiores porcentagens estão presentes nas estações 10 (35,6%), 5 (30,3%) e 4 (29,4%), regiões leste, sudoeste e sul, respectivamente, observando-se a menor porcentagem na estação 3 (porção central), a qual possui 9,6% dos indivíduos identificados (Fig. 61E).

A maior abundância de jovens rotaliíneos é observada na estação 3 (33%) e a menor na estação 5 (12,1%) (Fig. 61F).

Foram somente foram encontradas espécies indicadoras de Água Costeira (AC) (Figs. 61G e 61F).

BIOCENOSE

Fig. 60 – Densidade, riqueza e frequência relativa das principais subordens de foraminíferos, obtidos na região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

BIOCENOSE

Fig. 61- Frequência relativa dos principais grupos de espécies indicadoras da Água Costeira (AC), de ambiente rico em oxigênio ou em matéria orgânica, da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dados referentes à biocenose – Tab. 22.

5.3.5.3 Análise morfométrica

Foram identificadas carapaças pequenas, médias e grandes, sendo predominantes as pertencentes ao segundo grupo (Fig. 62).

Carapaças pequenas ($< 125 \mu\text{m}$) estão presentes em todas as amostras com porcentagens variando entre 16 a 58%. A maior porcentagem é observada na estação 3 (58%), onde também está presente o maior percentual de finos (46%). As menores porcentagens com carapaças pequenas são observadas nas estações 2, 4 e 5 (16 a 17%).

Carapaças médias estão em maior porcentagem nas estações 2 (81%), 4 (80%) e 5 (82%), sendo verificada na estação 3 (40%) o menor percentual.

Carapaças grandes também estão presentes em todas as estações analisadas, porém em menor percentual (2 a 5%). Os maiores valores são observados nas estações 1 e 6, ambas com 5%, estando os menores nas estações 3, 5, 9 e 10.

Foraminíferos de carapaças com tamanho superior a $500 \mu\text{m}$ não foram encontrados.

Fig. 62 – Análise morfométrica realizada nas carapaças dos foraminíferos (mortos) coletados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

5.3.5.4 Análise Tafonômica

As carapaças analisadas em sua maioria apresentam sinais de abrasão mecânica (Fig. 63).

As porcentagens de carapaças parcialmente fragmentadas variam de 58 a 85%, estando as maiores porcentagens presentes nas estações onde ocorrem sedimentos arenosos. Carapaças sem sinal de abrasão ocorrem nos locais com maior concentração de lama, ou seja, estações 2 e 3.

Excetuando-se as estações localizadas na faixa central da região amostrada (estações 2, 3 e 6), carapaças totalmente fragmentadas estão presentes em todas as demais estações.

Foi possível observar em 10 carapaças sinais de bioerosão. Em sua maioria, são pertencentes à subordem dos miliolídeos, tendo sido coletadas nas estações 5, 6, 7 e 8.

As carapaças são predominantemente brancas (branco – leitoso), existindo poucos exemplares de cor alaranjada.

Foi possível observar em 10 carapaças sinais de bioerosão. Em sua maioria, são pertencentes à subordem dos miliolídeos, tendo sido coletadas nas estações 5, 6, 7 e 8.

Verifica-se elevado percentual de carapaças preenchidas por matéria orgânica, as quais são mais abundantes nas estações 10 e 5. As menores porcentagens são observadas nas estações 9 e 3 (Fig. 64).

O número de carapaças com sinais de piritização é insignificante (inferior a 0,5%), tendo sido observadas somente nas estações 4, 5 e 10 (Fig. 64).

Fig. 63 – Análise tafonômica (grau de preservação) realizada nas carapaças de foraminíferos coletados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

Fig. 64 – Análise tafonômica realizada nas carapaças de foraminíferos coletados em região circunjacente ao emissário submarino de Santos.

6 – ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA CANÔNICA (ACC)

Relações entre as associações de foraminíferos, tecamebas e variáveis ambientais (macro e microescala)

Foi testada a relação de 14 variáveis ambientais com a distribuição de 15 espécies de foraminíferos e tecamebas mais representativas em 38 estações.

Três variáveis ambientais (nitrogênio, carbono orgânico e salinidade de fundo) foram significativamente correlacionadas com a abundância de espécies, sendo utilizadas para a ordenação das estações e das espécies na análise de correspondência canônica (ACC).

As figuras 65 e 66 ilustram diagramas de ordenação (“biplots”) das estações e das espécies ao longo do 1º e 2º eixo da ACC, e os vetores das variáveis ambientais sobre os quais as análises foram geradas.

Os autovalores para os quatro primeiros eixos foram 0.177; 0.084; 0.028 e 0.159 (Tab. 23). O comprimento dos vetores indica a importância relativa na explicação da variância e a orientação dos mesmos indica a correlação aos eixos de ordenação, bem como com as outras variáveis. Assim sendo, ao analisar as figuras 65 e 66, verifica-se que salinidade de fundo e carbono orgânico estão relacionados ao eixo 1 e nitrogênio ao eixo 2.

O eixo 1 da ACC (Fig. 65) (autovalor: 0,177), representa gradiente ambiental, o qual varia de locais sob influência marinha, com valores relativamente elevados de salinidade de fundo e oxigenação, maior profundidade, carbono orgânico e sedimentos mais finos, a locais mais confinados, com salinidade de fundo mais baixa, menores profundidades e concentração de carbono orgânico, sedimentos mais arenosos.

O eixo 2 da ACC (Fig. 66) (autovalor: 0,084) reflete gradiente que varia de locais com maior valor de salinidade de fundo, maior profundidade, elevada concentração de nitrogênio e carbono orgânico, a locais mais rasos, com menor salinidade, menor concentração de carbono orgânico, bem como de nitrogênio.

Enquanto no eixo 1 verifica-se a distribuição da maioria das estações coletadas em macroescala na Baía de Santos e Enseada do Guarujá, no eixo 2 distribuem-se a maioria das estações pertencentes à análise em microescala do emissário de Santos.

A figura 66 demonstra a distribuição de espécies de foraminíferos e tecamebas e dos dados ambientais da Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e microescala).

É possível verificar que a distribuição das espécies está principalmente relacionada a salinidade de fundo. As espécies identificadas variam de foraminíferos calcários marinhos (*C. variabilis*, *Q. milletti*, *D. williamsoni*, *P. cananeaensis*, *B. elegantissima*, *T. oblonga*, *Bolivina* spp., *Pseudononion* spp.) e mixohalinos (*Ammonia* spp., *Ammonia* jovem) a tecamebas.

Os resultados encontrados corroboram com trabalhos anteriormente realizados, os quais têm demonstrado que a distribuição de foraminíferos ambientes costeiros é principalmente controlada pela salinidade (Alve & Murray, 1994; Debenay *et al.* 1997, Duleba *et al.*, 2005).

Além da salinidade de fundo, verifica-se que secundariamente existem outras variáveis ambientais que se relacionam com a abundância de espécies, como por exemplo, carbono orgânico e nitrogênio. Em ambientes impactados observa-se baixa riqueza e elevada dominância de espécies oportunistas, como por exemplo, *Ammonia* spp. (Alve, 1995; Schafer *et al.*, 1995) e *B. elegantissima*.

Eixos	1	2	3	4	Total de Inércia
Autovalores	0,177	0,084	0,028	0,159	1,062
Correlação entre espécies-ambientes	0,919	0,705	0,524	0	
% da Variância Cumulativa					
dos dados das espécies	16,6	24,5	27,2	42	
das relações entre espécies e ambiente	61,2	90,2	100	0	

Tab. 23 – Resultados da Análise de Correspondência Canônica entre as associações de foraminíferos e tecamebas com variáveis ambientais obtidas na Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e microescala).

Fig. 65 – Diagrama de ordenação das estações de coleta e variáveis ambientais, resultante da análise de Correspondência Canônica para a Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e microescala).

Fig. 66 – Diagrama de ordenação das espécies de foraminíferos e tecamebas, com relação às variáveis, resultante da análise de Correspondência Canônica para a Enseada do Guarujá e Baía de Santos (macro e micro-Escala).

7 - DISCUSSÃO

7.1 REDE AMOSTRAL MACROESCALA - ENSEADA DO GUARUJÁ

A Enseada do Guarujá possui como possíveis fontes de poluição antrópica córregos, canais, rios, águas provenientes do sistema estuarino de Santos, disposição de sedimentos dragados do Canal do Porto de Santos pela Companhia Docas do Estado de São Paulo (CODESP) e aporte de esgoto doméstico através do emissário submarino.

É importante ressaltar que no ano de 1997 houve rompimento do emissário submarino, quando foram descarregados esgotos *in natura* clorados, a cerca de 500 metros da Praia da Enseada (FUNDESPA, 1999). Nos meses posteriores, o emissário foi reconstruído parcialmente, estendendo cerca de 2.500 metros da praia, mas, mantendo as mesmas condições de descarga submarina.

PARÂMETROS HIDROGRÁFICOS E SEDIMENTOLÓGICOS OBTIDOS NO INVERNO DE 1997 E VERÃO DE 1998.

A massa de água predominante tanto no inverno quanto no verão foi a Água Costeira (AC). No entanto, também foi possível detectar entrada de uma outra massa de água mais densa e salina na região sudeste da enseada, provavelmente oriunda da plataforma externa. Os valores de salinidade tenderam a diminuir da isóbata de 20 m em direção à costa. Este gradiente horizontal foi mais acentuado no verão devido ao aumento do aporte pluvial (Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo – SIGRH).

Com relação à temperatura, verificou-se fraca estratificação térmica por toda área estudada. As menores temperaturas ocorreram nas isóbatas de 20 m e as maiores nas áreas mais rasas.

De acordo com a distribuição dos dados granulométricos e geoquímicos, a Enseada do Guarujá pode ser dividida em dois setores morfossedimentares distintos (FUNDESPA, 1999). O primeiro setor se localiza na porção oeste da enseada, onde há predominância de sedimentos arenosos e retrabalhados, em função de uma dinâmica mais eficiente junto ao fundo. Por a energia de fundo ser mais forte nesse setor, a quantidade de lama e de matéria orgânica (M.O.) é baixa. O segundo setor situa-se na

porção central-leste da enseada e, caracteriza-se por apresentar uma dinâmica mais baixa junto ao fundo, que permite a deposição de finos e maior preservação da M.O.

Particularmente, na porção central da enseada há o emissário submarino do Guarujá. Próximo aos difusores deste emissário, foram encontradas as maiores concentrações de carbono orgânico (C), nitrogênio total (N) e enxofre total (S). Em termos sazonais, os teores de C, N e S foram comparativamente mais altos no período em que o emissário estava rompido (i.e, no inverno 1997) que os observados no verão de 1998.

A partir da razão C/N foi possível inferir que a origem da M.O. do inverno é predominantemente de origem mista (marinha e continental). No verão, a M.O. continua sendo predominantemente mista. Contudo, M.O. de origem continental passa a ser observada nas estações situadas próximas a linha de costa (8, 9, 10 e 11). Essa M.O. continental deve ter sido carregada para o mar durante os períodos chuvosos. Resultados semelhantes foram obtidos nos embaixamentos de Ubatuba (Mahiques, 1992).

No inverno, foram detectados sedimentos anóxicos (razão C/S inferior a 3) nas estações 2, 6 e 7, localizadas na área sob influência do emissário submarino. Foram também observados sedimentos quase anóxicos nas amostras 12 e 13. Estes sedimentos com baixos teores de oxigênio detectados nas estações 12 e 13 podem estar correlacionados à disposição dos sedimentos dragados do canal do Porto de Santos e que foram depositados próximo a Ilha da Moela. No verão, com o emissário já restaurado, os valores das razões C/S foram maiores que 3, indicando sedimentos tendendo a redutor.

MICROFAUNA - FORAMINÍFEROS

O número de carapaças vazias foi muitas vezes maior que o de foraminíferos vivos. Por exemplo, foram encontrados somente 54 e 69 indivíduos vivos no inverno de 1997 e verão de 1998, respectivamente. Por esse número ser muito reduzido, não foi possível avaliar com muita precisão a influência dos efluentes sobre as associações de foraminíferos. Mas esses dados, aliados aos da tanatocenose, permitiram obter várias informações sobre a circulação hídrica e a dinâmica sedimentar local, conforme será exposto a seguir.

A partir da análise da composição das tanato e biocenoses foi possível constatar variações latitudinais e longitudinais dos valores de densidade e riqueza do inverno e verão, em relação ao padrão de sedimentação local. Por exemplo, as associações encontradas na isóbata de 20 m são mais ricas em espécies e mais abundantes em indivíduos que as associações da linha de costa (Fig. 8). Este padrão de distribuição dos foraminíferos está de acordo com os modelos clássicos de distribuição apresentados em Murray (1991). Segundo este autor há aumento gradativo do número de espécies e da quantidade de foraminíferos da costa rumo à região de plataforma externa.

Excetuando a região da Ilha da Moela, os valores de densidade e riqueza também tenderam aumentar da região central para leste e oeste. Esses resultados se assemelham aos padrões de distribuição da macrofauna e meiofauna bentônica e diferem do de microfitobentos (FUNDESPA, 1999; Heitor, 2002).

De acordo com Heitor (2002), há nítida redução da macrofauna bentônica de oeste para leste, no inverno de 1997. Quanto a meiofauna do inverno 1997, ocorreu diminuição da densidade de sul para norte: os maiores valores de densidade foram observados nas porções noroeste (estação 10) e nordeste (estação 1) e os menores na porção sul (estações 4, 6 e 12) (FUNDESPA, 1999). Com relação ao microfitobentos, as maiores biomassas foram constatadas no lado leste (estações 2, 3 e 4). Estes valores decresceram rumo a oeste e próximos à zona de arrebentação da praia.

Essa diferenciação entre os lados noroeste, com abundante macrofauna e foraminíferos, e sudoeste, rico em microfitobentos, provavelmente está relacionada à circulação local. Esta é responsável não só pela dinâmica sedimentar, mas também pela dispersão/concentração da pluma do emissário e de poluentes de outras fontes pontuais (e.g., Rio Iracema). Como citado anteriormente (p. 139), a Enseada do Guarujá é dividida em dois setores morfossedimentares (oeste e centro-leste), devido a diferentes padrões de circulação hídrica, que propiciam ou não a deposição de sedimentos pelíticos, ricos em matéria orgânica.

Na região central, o emissário além de atenuar os trens de ondas, vindos tanto de leste quanto de oeste, lança os esgotos pré-condicionados da cidade do Guarujá. Ou seja, as regiões situadas nas imediações dos difusores do emissário tendem a acumular sedimentos. Na estação 7, foram encontradas apenas algumas carapaças vazias no inverno. No verão, a amostra 7 era azóica. Segundo FUNDESPA (1999), no

inverno de 1997, verificou-se diminuição da densidade da fauna bentônica na estação 7, o que possivelmente deve estar relacionado aos efeitos causados pelo rompimento do emissário, bem como a alta cloração dos efluentes. Mesmo no verão de 1998, quando o emissário já havia sido restaurado, a estação 7 continuou sendo a mais influenciada pela descarga orgânica do emissário, pois foi verificada redução na ocorrência de bivalves e de anfípodes, ausência de equinodermas e presença de tanaidáceos (FUNDESPA, 1999).

Aparentemente não só a estação 7 foi afetada pelo efluente no inverno. De modo geral, as densidades das tanato e biocenoses aumentaram em quase todas as estações no verão. Dados granulométricos e geoquímicos do verão mostraram que a distribuição dos sedimentos apresentou padrão semelhante ao do inverno. Contudo, as concentrações de carbono, nitrogênio e enxofre foram cerca de 20 a 100 vezes menores que as do inverno. Portanto, a baixa densidade de foraminíferos vivos obtida no inverno, pode ter sido em decorrência do rompimento do emissário submarino. No entanto, como citado no início da discussão, para avaliar a dimensão da influência do emissário sobre as associações de foraminíferos, deverão ser feitas novas coletas, para se obter de um $N_{amostral}$ de vivos maior, ou seja, de no mínimo 100 indivíduos vivos (Murray, 2003).

Além da descarga de esgotos lançados na porção central da enseada, outras fontes de poluição introduzidas na enseada foram decisivas para alterar a estrutura das comunidades bentônica. A estação 13, onde foram encontrados valores baixíssimos de densidade e riqueza da macrofauna e de foraminíferos, recebe sedimentos dragados pela Companhia de Docas do Estado de São Paulo (CODESP) e águas contaminadas, provenientes de Santos. Já os valores baixos de densidade observados nas estações 1 e 8 podem estar relacionados à influência direta de fontes terrestres (e.g. Rio Iracema).

Mesmo a porção oeste que apresenta hidrodinâmica mais forte é também sujeita à influência dos dejetos do emissário. Os experimentos sobre a mistura dos produtos do emissário do Guarujá indicaram que os efluentes são transportados do emissário para NW, pela circulação oceânica (FUNDESPA, 1999). Assim sendo, as estações 9, 10 e 11, onde estão as maiores densidades e riquezas, também sofrem influência da convergência da pluma do emissário.

Com relação ao mapa de distribuição das espécies de foraminíferos, a espécie dominante em toda a Enseada do Guarujá foi *Pararotalia cananeiaensis*. A dominância

desta espécie indica predominância de águas costeiras na enseada, tanto no verão quanto no inverno. Este resultado coaduna com os dados hidrográficos apresentados na página 139, ou seja, há dominância da Água Costeira na plataforma interna do Guarujá.

Com relação à distribuição das espécies acessórias no inverno de 1997, constatou-se que *Ammonia/Criboelphidium* foram mais abundantes na porção leste da enseada (estações 2 e 3), aonde há influência do Rio Iracema. Essas duas espécies são euribióticas (Murray, 1991), podendo *Ammonia* spp. ser encontrada em ambientes com grande variação de salinidade (Duleba *et al.*, 2005).

As espécies indicadoras da Água Tropical (*Bulimina/Uvigerina/Globigerinoides*) foram raras nas tanato e biocenoses, mas tenderam a ser ligeiramente mais abundantes nas porções mais externas da enseada. As espécies indicadoras da ACAS também foram raras nas tanatocenoses, distribuindo-se nas estações 5, 2, 7 e 10. Com relação às espécies indicadoras de matéria orgânica, estas se distribuíram por toda enseada, sendo menos abundantes nas regiões próximas à linha de costa. Os miliolídeos e os indicadores de ambientes ricos em oxigênio tenderam a se concentrar na estação 1, atingindo 25% do total da amostra. Nessa estação foram encontradas as maiores porcentagens de grânulos e de areia de toda enseada. A presença de sedimento mais grosso favoreceu o aparecimento das formas da epifauna e de incrustantes. Nessa região foi observada a maior biomassa da meiofauna, constituída predominantemente por nemátodos, poliquetas e copépodos (FUNDESPA, 1999).

No verão, a distribuição das espécies acessórias de foraminíferos se alterou. *Ammonia/Criboelphidium* são mais abundantes, distribuindo-se por toda porção leste da enseada. As espécies típicas da AT diminuíram e as da ACAS aumentaram, passando a se distribuir por toda enseada. Isto pode sugerir a presença da ACAS nas porções mais internas da enseada durante o verão. Contudo, estudos sobre distribuição sazonal dos foraminíferos vivos devem ser feitos para que esta interpretação seja aceita. As espécies indicadoras de matéria orgânica foram menos abundantes no verão, restringindo-se na porção leste, o que sugere que a contaminação dos efluentes não se disseminou por toda a enseada (como ocorreu no inverno de 1997). Miliolídeos e das espécies típicas da epifauna ocorreram em menor quantidade, restringindo-se à linha de costa.

A partir da análise tafonômica realizada nas carapaças dos foraminíferos, verificou-se elevado percentual de carapaças fragmentadas e preenchidas por matéria

orgânica. Estes resultados permitem inferir que a energia de fundo da Enseada do Guarujá pode variar de forte à moderada.

7.2 REDE AMOSTRAL MACROESCALA - BAÍA DE SANTOS

A Baía de Santos é uma região muito complexa no tocante a entrada de poluentes, pois nela desembocam dois grandes canais (Canal de Piaçaguera e São Vicente), os quais descarregam contaminantes domésticos, hospitalares, portuários e industriais (FUNDESPA, 1999). Há recebimento de águas contaminadas provenientes de canais de drenagem pluvial, sendo que diariamente embarcações navegam e ancoram na baía. Além disso, há disposição do material dragado do Canal de Piaçaguera pela CODESP, bem como disposição de esgotos urbanos através do emissário submarino.

PARÂMETROS HIDROGRÁFICOS E SEDIMENTOLÓGICOS OBTIDOS NO INVERNO DE 1997 E VERÃO DE 1998.

Como na Enseada do Guarujá, a massa de água predominante na Baía de Santos é a Água Costeira (AC). Além da AC foram detectadas massas de água oceânicas mais densas na parte leste (inverno) e menos salinas vindas do canal de Piaçaguera (verão). Devido à localização geográfica do canal de Piaçaguera, o efeito dinâmico do transporte desse canal na maré vazante gera movimento circular anti-horário, com linhas de corrente na forma de vórtice anti-ciclônico (FUNDESPA, 1999). Já a região central – leste (estações 1 a 7), está sob a influência das águas vindas da plataforma e do canal de São Vicente.

No tocante aos dados sedimentológicos obtidos, verifica-se a existência de dois setores morfossedimentares na Baía de Santos (FUNDESPA, 1999). O primeiro ocorre na porção oeste da baía e se caracteriza pela presença de areias litoclásticas, muito bem selecionadas. O constante retrabalhamento destas areias pelas ações de ondas e correntes de fundo, não permite a deposição lama e a preservação de matéria orgânica. Neste setor há entrada de sedimentos vindos da Praia Grande pela deriva litorânea (Souza, 1997). O segundo setor localiza-se na porção centro-leste da baía, onde há concentração de sedimentos pelíticos, ricos em M.O. Neste setor há aporte de

sedimentos provenientes do Canal do Porto (Fúlfaro & Ponçano, 1976). Na estação 4 (inverno) posicionada na isóbata de 15 m foi verificada elevada porcentagem de finos. Tal ocorrência pode estar associada ao preenchimento de uma depressão por finos ou ser decorrente do rejeito de dragagens depositadas no local pela CODESP (FUNDESPA, 1999).

As concentrações mais elevadas de C, N, e S apresentaram padrão semelhante da distribuição de finos, ou seja, as maiores concentrações na região central-leste, principalmente nas estações circunvizinhas ao emissário. Na estação 7, localizada na região próxima aos difusores do emissário, os valores de enxofre chegaram a ser 100 vezes superior aos outros valores obtidos em estações mais distantes e duas vezes superior aos valores obtidos nas estações adjacentes (estações 6 e 2).

As razões C/N do inverno indicaram M.O. de origem marinha a oeste e mista nas porções central e leste. No verão, no entanto, houve a predominância de M.O. mista na maioria das estações. Contudo, nas estações 1, 3 e 8 foi observada M.O. continental.

Os sedimentos das estações circunvizinhas ao emissário apresentaram características de ambiente redutor, sendo mais marcante no inverno, onde as estações 2, 4, 6 e 7 apresentaram valores de razão C/S inferiores a 3. A anoxia dos sedimentos das estações 6 e 7 pode estar correlacionada ao aporte direto e contínuo do efluente pelo emissário submarino. Já na estação 2, os baixos valores da razão C/S podem estar associados à deposição dos sólidos suspensos liberados pelo emissário, ou mesmo, pelas águas do Canal do Porto que fluem para a baía (Bonetti Filho, 1996). Com relação à estação 4, o baixo C/S possivelmente está relacionada à deposição dos sedimentos dragados pela CODESP. No verão, somente o sedimento da estação 7 foi considerado como anóxico, e o das estações 2 e 6 como quase anóxicas.

MICROFAUNA - FORAMINÍFEROS

Como na Enseada do Guarujá, o número de indivíduos vivos na Baía de Santos é muito pequeno. Portanto, foi difícil tecer considerações sobre a influência do emissário sobre as biocenoses. Contudo, os dados das tanato e biocenoses permitiram dividir a Baía de Santos em porções oeste e central-leste. A porção oeste caracterizou-se por apresentar valores de densidade e de riqueza muito baixos, existindo quase ausência de miliolíneos e textulariíneos. A outra porção apresentou

valores elevados de densidade e riqueza, bem como presença mais expressiva de miliolíneos. Estudos sobre foraminíferos (mortos) realizados na Baía de Santos obtiveram padrão de distribuição semelhante (q.v. Suguio *et al.*, 1975; Bonetti, 2000).

A distribuição de microfitobentos nessa enseada também apresentou padrão de distribuição semelhante, ou seja, as maiores biomassas foram encontradas no lado leste, rico em sedimentos lamosos, e as menores biomassas, no lado oeste (FUNDESPA, 1999). Esses padrões de distribuição dos foraminíferos e do microfitobentos estão diretamente relacionados aos padrões hídrico e sedimentar da baía.

Em termos de variação sazonal, constatou-se que os valores de densidade e riqueza foram mais elevados no verão que os do inverno. Esta diferença deve estar relacionada ao fato de que os teores de carbono, enxofre e nitrogênio do verão serem bem menores que os do inverno.

Já os dados da macrofauna, da meiofauna e geoquímicos apresentaram padrão diferente, sendo mais abundantes nas porções central e oeste. Particularmente na saída do emissário (estação 7), foi verificado diminuição de densidade, diversidade específica e riqueza da macrofauna (Heitor, 2002). Quanto à meiofauna, verificou-se predomínio de nemátodos em todas as amostras. Foram encontrados poucos representantes de copépodos, o que aumentou os valores da relação nemátoda/copépoda. Este resultado indicou poluição orgânica por enriquecimento de nutrientes (Amjad & Gray, 1983). Dados geoquímicos ao redor do emissário indicaram elevados níveis de concentração de metal pesado, detergentes, enxofre e amônia, o que está alterando sensivelmente a biota bentônica (Abessa 2002, 2005).

Quanto à distribuição espacial e temporal das espécies de foraminíferos da tanatocenose (Figs. 29 e 33), constatou-se que *Pararotalia cananeiaensis* é a espécie dominante em toda a baía, durante verão e inverno. Suguio *et al.* (1975) e Bonetti (2000) obtiveram resultados semelhantes. Esta última autora, apesar de ter analisado apenas 6 amostras da baía de Santos, fez um estudo minucioso de amostragem, ao longo dos estuários de Santos e São Vicente. No tocante ao estudo de Suguio *et al.* (1975), a rede amostral realizada na baía de Santos foi bastante adensada. Contudo, em seu trabalho original, a espécie dominante é *Ammonia beccarii*. Ao se analisar as lâminas referentes a este estudo, que estão depositadas na coleção micropaleontológica do IGcUSP, constatou-se que *Ammonia beccarii* é na realidade *Pararotalia cananeiaensis* (Duleba, com. pessoal).

Ammonia spp. e *Criboelphidium* spp. foram mais abundantes na porção central da baía. As espécies indicadoras de matéria orgânica foram mais numerosas nas porções central e leste, justamente na região onde há maior influência do emissário. As espécies típicas de plataforma mais externa (*Globigerinoides*, *Bulimina*) tenderam a se concentrar no lado leste, durante o inverno. Já durante o verão as espécies típicas da ACAS (*Angulogerina angulosa*, *Cassidulina crassa*) foram mais abundantes nas porções externa e noroeste da baía.

7.3 REDE AMOSTRAL MICROESCALA - EMISSÁRIO SUBMARINO DE SANTOS

PARÂMETROS HIDROGRÁFICOS E HIDROGEOQUÍMICOS

De modo geral, a salinidade da área estudada é particularmente baixa nas águas superficiais. Os mapas de distribuição horizontal indicaram diminuição da salinidade de sul para norte. Mais especificamente, os dados de superfície e meio indicaram forte gradiente salino em direção ao noroeste, mostrando a direção da pluma do efluente. Com relação à temperatura, foi observado suave estratificação térmica, estando, como o esperado, as maiores temperaturas na superfície. A massa de água predominante é a Água Costeira (AC), segundo os índices termohalinos propostos por Miranda (1982).

A região estudada apresentou alto grau de turbidez, com valores superiores aos encontrados nas regiões circunjacentes aos emissários da Praia Grande e do Araçá, São Sebastião (CETESB, 2005). Esse alto grau de turbidez é ocasionado pela presença de grande quantidade de material em suspensão, que pode ser proveniente do próprio estuário, do emissário submarino, ou até mesmo, como as amostras foram coletadas a pouca profundidade (8 – 10 m), do revolvimento do fundo gerado pelas correntes de maré. Contudo, como o maior índice de material em suspensão está localizado na saída do emissário (estação 1), grande parte desta turbidez deve estar relacionada ao efluente.

Em decorrência da alta turbidez, a transparência da água obtida através do disco de Secchi é baixa, variando entre 0,1 a 1,5 m (= 0,17 a 2,21 de coeficiente de extinção da luz). Quanto ao Índice do estado trófico, os dados variaram de 79,71 a 92,46. De acordo com a classificação proposta por Goldman & Horne (1983), os dados

obtidos indicam que toda área estudada pode ser classificada como ambiente hipereutrófico. Em ambientes hipereutróficos são comuns episódios de florações de algas, seguidos de mortandade de peixes (Esteves, 1988).

As análises hidrogeoquímicas mostram que a coluna de água está fortemente enriquecida por nitrogênio e fósforo. A quantidade de nitrogênio na água foi inferida a partir da medição das concentrações de amônia. Esta forma de nitrogênio é facilmente absorvida pelo fitoplâncton e têm sido freqüentemente utilizada como traçador de esgotos domésticos (cf. Werme & Hunt, 2003). As concentrações de amônia variaram de 0,07 a 1,41 mg L⁻¹. A partir das maiores concentrações foi possível detectar a trajetória da pluma, ou seja, a assinatura química do emissário foi mais perceptível nas porções sul (água superficial) e norte (águas do meio e de fundo).

As concentrações de fósforo total variaram de 0,042 a 1,71 mg L⁻¹, ocorrendo aumento progressivo das concentrações de sul para norte, nas águas superficiais e do meio. No caso das águas de fundo houve uma tendência das maiores concentrações se agruparem na região sudeste. Excetuando-se os valores observados na água do meio dos pontos 7 e 8 (0,53 e 1,71 mg L⁻¹, respectivamente), os maiores valores de fósforo total foram determinados nas águas superficiais. No caso do ortofosfato, os maiores valores foram encontrados na superfície nas porções centro-leste e norte (estações 8 e 10; 0,13 e 0,15 mg L⁻¹, respectivamente). Na água do meio, o padrão de distribuição horizontal dos teores de ortofosfato se assemelhou com a água superficial. Já o padrão de água de fundo foi diferente, havendo concentração deste nutriente nas porções leste e oeste.

Os dados de nitrogênio e fósforo obtidos em Santos são maiores que os obtidos na região da Praia Grande e São Sebastião (CETESB, 2005), no Mar Mediterrâneo (Ignatides, 1992) e na baía de Boston, EUA (Werme & Hunt, 2004). Além disso, a partir dos valores obtidos, constatou-se que a maioria das concentrações destes dois nutrientes está acima dos valores estabelecidos pelo CONAMA (375/05). Estes resultados permitem inferir que a área estudada está altamente eutrofizada, corroborado, portanto, a interpretação baseada sobre os índices tróficos.

Em ambiente marinho não poluído, os nutrientes limitantes mais comuns são o nitrogênio (geralmente na forma de nitratos) e o fósforo (sob a forma de fosfatos) (Nybakken, 1997; Bode *et al*, 1997; Afonso 1998). Esses nutrientes em excesso provocam crescimento anormal de determinadas espécies do fitoplâncton, que por sua vez aumenta a biomassa zooplânctônica. A continuidade deste ciclo provoca aumento

da turbidez e diminuição do oxigênio dissolvido (Marques Junior *et al.*, 2002). Os teores de oxigênio dissolvido na água na área estudada foram relativamente baixos, principalmente na estação 1, localizada na saída do emissário submarino, bem como na região nordeste, estação 7 (análise de fundo). Estes baixos teores de oxigênio indicam baixa capacidade de autodepuração da região estudada.

PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Os teores de clorofila variaram de 9.6 a 1.9 $\mu\text{g m}^3$. As maiores concentrações foram observadas nas porções leste e norte. Nas estações 2 e 4 ocorreram os maiores valores de feofitina, indicando elevada taxa de degradação da clorofila a. As menores concentrações de clorofila a, feofitina e oxigênio foram observadas na estação 3., indicando intensa atividade biológica.

Comparando-se o padrão de distribuição das concentrações de nitrogênio e fósforo com o de clorofila, constatou-se que não há relação direta entre os nutrientes e a clorofila a. Por exemplo, na estação 10, foi observada uma das maiores concentrações de clorofila, bem como baixa quantidade de nutrientes. Segundo Aubert (1990, 1992), a produção primária e densidade fitoplanctônica, não são influenciadas unicamente pelo aumento de nutrientes, mas também pela presença de mediadores que estimulam a produtividade, como biotina, tiamina e vitamina B12.

Com relação aos indicadores microbiológicos (coliformes fecais e enterocos), verificou-se concentração máxima na estação 10, ultrapassando, portanto, os padrões estabelecidos pelo CONAMA (357/05). Teoricamente, estes agentes patogênicos deveriam ter sido eliminados, por meio da cloração feita nas estações de pré-condicionamento (EPC). Contudo, como pode ser verificado, esse tratamento não está sendo totalmente eficiente.

A cloração, realizada nos esgotos do Brasil, tem como objetivo reduzir o potencial de transmissão de doenças causadas por microorganismos enteropatogênicos presentes nos efluentes. O cloro forma substâncias orgânicas cloradas tóxicas, cujo resíduo pode comprometer toda a biota presente no corpo hídrico, além de prejudicar a sobrevivência das bactérias atuantes nos processos de purificação da água (Ludwig, s/data apud Marcellino, 2000). Atualmente muitos países, como por exemplo Inglaterra e EUA, não fazem mais cloração (Marcellino, 2000).

Concluindo, a região está altamente eutrofizada, com foco de organismos patogênicos, que deveriam ter sido eliminados no pré-condicionamento. Este quadro sugere os efluentes estão afetando seriamente as comunidades aquáticas.

Além disto, todos os sólidos em suspensão, assim como, os sedimentáveis, podem iniciar o desenvolvimento de depósitos de lodo na região de descarga do efluente, gerando ambientes anaeróbios, afetando desta forma, qualitativa e/ou quantitativamente as comunidades bentônicas (Marcellino, 2000).

PARÂMETROS SEDIMENTOLÓGICOS

Os sedimentos variaram entre areia muito fina e silte grosso, havendo marcante granodecrescência de sul para norte, em relação aos difusores. Esses resultados permitem inferir que a energia de fundo que ocorre na região sul é maior do que a verificada nas regiões nordeste, noroeste e central. Tais resultados guardam relação com o regime de operação do emissário submarino e a condição hidrodinâmica existente. A menor velocidade do efluente que sai do difusor é de $0,028 \text{ m s}^{-1}$, o que corresponde a uma de descarga $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Marcellino 2000). Essa velocidade, de acordo com o diagrama de Hjulström (Friedman & Saunders, 1978), é suficiente para manter partículas de quartzo de até 0,10 mm (3.5 ϕ) em suspensão. Assim sendo, o fluxo de saída do esgoto pode gerar certa turbulência que impede a deposição de pelitos. Outra hipótese que pode explicar a baixa ocorrência de lama nas estações 1, 4 e 5 é a passagem de frentes frias que remobilizam o fundo. No dia 29 de março de 2004 houve a passagem do ciclone Catarina no litoral sul do Brasil (www1.folha.uol.com.br). No dia seguinte da passagem, ocorreu forte ressaca em várias praias do sul e sudeste brasileiro. Nas regiões anteriores a saída dos difusores, principalmente nas estações localizadas próximas a estação 3, foi verificada diminuição das porcentagens de areia e acúmulo de lama enriquecida em matéria orgânica (C, N, P, S).

Os padrões de concentração C, N, P e S foram semelhantes entre si. As maiores concentrações estão localizadas na região central, mais precisamente nas estações 2 e 3, e região noroeste (estação 7), onde foram encontradas as maiores porcentagens de lama. Os menores teores de nutrientes foram encontrados nas regiões sul e leste, áreas com maior concentração de sedimentos arenosos.

O padrão de distribuição das concentrações de P total e P inorgânico do sedimento se assemelhou com o obtido nas águas de fundo, ou seja, diminui de sudeste para noroeste, estando as maiores concentrações presentes nas estações 4 e 10.

Os resultados das razões C/N variaram de 8 a 19. Segundo Bader (1955), estes valores indicam ocorrência de M.O. mista (marinha e continental). Na estação 4 (razão C/N = 19) foi encontrada M.O. de origem continental. Já os resultados obtidos a partir das razões C/P, indicaram matéria orgânica predominantemente continental para a maioria das estações. Somente nas estações 1, 5 e 10 é que foram encontradas razões C/P inferiores a 106. Segundo a classificação de Ruttenberg & Goñi (1997), este resultado indica M.O. de origem marinha.

A partir das razões C/S (< 5), verificou-se que os sedimentos estudados apresentam características redutoras. As menores razões foram encontradas nas estações 1, 3 e 4, indicando presença de ambiente euxínico. A estação 1, localizada na saída do emissário, possui o menor valor de razão C/S (1,93). As medidas de potencial redox confirmam as observações pelas razões (CETESB, 2005).

MICROFAUNA – FORAMINÍFEROS

Foram retiradas alíquotas de 20 a 110 cc de sedimento corado para se obter cerca de 100 indivíduos vivos. A quantidade padrão utilizada em sedimentos marinhos não impactados, geralmente, é de 10 cc (Murray, 1991; Scott & Medioli, 2001). Por exemplo, a estação 10, localizada à leste dos difusores, apresentou a maior densidade de foraminíferos vivos, ou seja, foi necessário utilizar somente 20 cc de sedimento para se obter 135 indivíduos. Já no ponto 5 foi utilizado 110 cc de sedimento para conseguir apenas 66 indivíduos vivos. Esta variação de 20 a 110 cc permite inferir que a taxa de sedimentação e/ou a quantidade de produtos tóxicos lançados pelo emissário seja muito alta e esteja comprometendo os foraminíferos.

De modo geral, *Pararotalia cananeaensis* e *Ammonia tepida* foram as espécies vivas dominantes em toda área estudada. A primeira espécie é indicadora de circulação hídrica mais intensa (Debenay *et al.*, 2001), sendo observada em maior abundância na região sul/sudoeste, onde houve maior porcentagem de areia. A segunda espécie é euribionte (Duleba *et al.*, 2005). Apesar de estar presente em todas as estações na biocenose, *Ammonia tepida* é mais abundante na saída do emissário

(estação 1), norte (estação 8), nordeste (estação 9) e leste (estação 10). Com exceção da estação 10, os demais pontos amostrais possuem os mais baixos valores de salinidade. O menor valor de riqueza ocorreu na estação 1. Nesta estação, foram verificados baixa salinidade, baixas concentrações de oxigênio dissolvido da água e do sedimento ($C/S = 1,93$), baixo percentual de $CaCO_3$.

As espécies indicadoras de ambiente rico em matéria orgânica, como *Buliminella elegantissima*, *Bolivina* spp., *Pseudononion* spp. distribuíram-se por toda a área estudada, com porcentagens de 10 a 35% do total da amostra. Este resultado indica que a região está enriquecida por matéria orgânica, provavelmente oriunda do estuário e/ou do emissário.

Quanto aos indicadores de massas d'água da biocenose foram identificados somente indivíduos da Água Costeira (AC). Já na tanatocenose, foram observados bioindicadores das três massas d'água (AC, ACAS e AT), sendo predominantes os indicadores da AC.

Por meio da análise de carapaças fragmentadas, bem como pelo preenchimento das mesmas por matéria orgânica, infere-se que a circulação de fundo da baía varia de moderada (lado leste) à forte (lado oeste). Entretanto, na região da estação 3, foi possível verificar pela alta porcentagem de carapaças pequenas e sem preenchimento, provavelmente devido à redução da energia de fundo. Esta interpretação é corroborada pelos resultados granulométricos (p. 150).

ANÁLISES CANÔNICAS

As porcentagens de variância acumuladas pelos quatro eixos e para os dados das espécies foram de 0.919; 0.705; 0.524, respectivamente e, para as relações espécie-ambiente 61,2%; 90,2%; 100% e 0%. Estes últimos valores indicam que as variáveis ambientais foram aparentemente suficientes para explicar a maior parte da variação da abundância das espécies relacionadas ao ambiente, embora reste ainda uma quantidade de variação não explicada. Ter Braak (1988) salienta que são comuns valores baixos de relação espécie-ambiente, mas que tal fato não diminui o seu significado. O teste de Monte Carlo reforçou estes resultados, já que as variáveis ambientais foram significativamente correlacionadas com as espécies a 1% de significância.

O primeiro eixo da ordenação relacionou-se principalmente à salinidade e aos teores de carbono orgânico. O segundo eixo relacionou-se mais com os teores de nitrogênio. O primeiro eixo separou de forma nítida as estações entre as posicionadas na região centro-leste (macroescala) das situadas no entorno do emissário (microescala). O segundo eixo de ordenação, as estações mostraram uma distribuição fortemente influenciada pelo binômio ambiente marinho influenciado por águas mais salinas (i.e, estações situadas no extremo sul e algumas da radial leste) e ambiente impactado pelo emissário (estações da microescala).

A figura 66 indica que as espécies preferenciais de ambiente com alta salinidade e teor de carbono orgânico foram *Quinqueloculina* spp., *Pseudononion* spp., *Triloculina oblonga*, *Bolivina* spp. As espécies preferenciais por ambientes menos salinos com teores mais baixos de carbono orgânico foram jovem de *Ammonia*, *Pararotalia cananeiaensis*, jovem de rotaliíneo, *Criboelphidium* e tecamebas. Já as espécies situadas ao longo do eixo 2, que representaram o bionômio ambiente com baixos a altos teores de nitrogênio foram *Quinqueloculina milleti*, *Discorbis williamsoni*, *Ammonia* spp., *Cibicides variabilis* e *Buliminella elegantissima*.

Resumindo, as ACC dos dados e das espécies da Enseada do Guarujá e da Baía de Santos mostraram que as associações de foraminíferos e tecamebas são principalmente relacionadas à salinidade de fundo e aos teores de carbono orgânico. Esses resultados dão suporte a resultados obtidos em trabalhos realizados em estuários (Alve & Murray, 1984; Debenay *et al.*, 1997; Duleba *et al.* 2003; Duleba *et al.*, 2005).

Além da salinidade e do carbono orgânico, constatou-se que secundariamente houve outra variável ambiental que se relacionou com a abundância das espécies: o teor de nitrogênio nos sedimentos. Nitrogênio é nutriente escasso em ambientes marinhos, ao passo que em grande quantidade é indicador de aporte de esgoto doméstico (Werme & Hunt, 2004).

8 - CONCLUSÕES

MICROESCALA:

- Na Enseada do Guarujá e Baía de Santos, o número de indivíduos que compuseram a tanatocenose foi muito superior ao da biocenose, tanto para o inverno como para o verão. Sazonalmente, as maiores densidades foram observadas no verão. A espécie dominante foi *Pararotalia cananeiaensis*, indicadora de circulação hídrica mais intensa.
- Devido ao baixo $n_{amostral}$ de espécimes vivos encontrado nas duas áreas de estudo, não foi possível avaliar com exatidão a influência do emissário submarino sobre as associações de foraminíferos. Entretanto, na estação 7, posicionada próximo ao local de rompimento do emissário, verificou-se baixa densidade de carapaças vazias no inverno, e ausência de carapaças no verão.
- Por meio da composição das tanatocenoses e biocenoses das duas áreas estudadas, observou-se que as associações de foraminíferos são mais ricas e abundantes em estações posicionadas a maiores profundidades e mais afastadas da costa. As menores densidades e riquezas foram observadas em estações localizadas na parte central.
- A análise das tanatocenoses em conjunto com os dados sedimentológicos, indicaram a presença de dois setores distintos na Enseada do Guarujá e na Baía de Santos. O setor posicionado a oeste, caracteriza-se pela presença de sedimentos arenosos, bem selecionados, com baixa concentração de matéria orgânica, já o setor localizado na porção centro-leste, caracteriza-se pela presença de sedimentos pelíticos, com baixo grau de seleção e ricos em matéria orgânica.

- Os resultados da análise tafonômica feita nas carapaças dos foraminíferos indicam que a circulação de fundo da Enseada do Guarujá e da Baía de Santos, pode variar de forte a moderada.

MICROESCALA:

- Com relação à análise das amostras concentradas na saída dos difusores do emissário submarino de Santos, devido à obtenção de 100 indivíduos vivos, foi possível detalhar a composição, bem como distribuição das associações de foraminíferos. Observou-se elevada concentração de espécies euribiontes (*Ammonia* spp.) e bioindicadoras de ambiente rico em matéria orgânica (*Buliminella elegantissima*, *Bolivina* spp, *Pseudononion* spp.) próximo aos difusores. Constatou-se também, que a estação posicionada na saída do emissário possui, entre todas as estações analisadas, a menor riqueza e densidade.
- A análise tafonômica feita nas carapaças dos foraminíferos indicam que a circulação de fundo da região estudada varia de moderada (lado oeste) à forte (lado leste), existindo na região central redução de energia de fundo.
- Assim como o verificado, para a microfauna, os sedimentos, a parte hidrológica e hidrobiológica, também estão sendo afetados pela disposição de esgoto por meio do emissário submarino.
- A região hídrica circunjacente aos difusores do emissário submarino de Santos, possui baixa concentração de oxigênio dissolvido, alta turbidez, o que compromete a transparência da água e por conseguinte a penetração de luz na zona eufótica. A maioria dos valores de nitrogênio amoniacal e fósforo são superiores ao padrão estabelecido pelo CONAMA (357/05), indicando matéria orgânica em avançado

estágio de decomposição. Como consequência, a região circunjacente ao emissário de Santos é ambiente hipereutrofizado, com focos de organismos patogênicos.

- Os sedimentos estudados apresentam altos teores de C, N, S, P, indicando acúmulo de matéria orgânica. Os baixos valores das razões C/S e altos valores das razões C/N e C/P, inferem ambiente com características fortemente redutoras, com matéria orgânica de origem continental e/ou mista.

- As concentrações de nutrientes encontrados em Santos são maiores que os de áreas análogas (Baía de Boston, EUA), onde os efluentes são tratados em nível terciário. Portanto, conclui-se que o pré-condicionamento dos efluentes de Santos é precário, tornando a região dos difusores mais um foco de poluição na baía.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABESSA, D. M. S. 1996. Testes de toxicidade de sedimentos da região de Santos – SP/Brasil (24°S, 46° W), utilizando o anfípodo escavador *Tiburonella viscana*. Dissertação de mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 97p.
- ABESSA, D.M.S. 2002. Avaliação da qualidade de sedimentos do sistema estuarino de Santos, SP, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 290p.
- ABESSA, D. M. S.; CARR, R. S.; RACHID, B. R. F.; SOUSA, E. C. P. M.; HORTELANI, M. A.; SARKIS, J. E. 2005. Influence of a Brazilian sewage outfall on the toxicity and contamination of adjacent sediments. *Marine Pollution Bulletin* 50:875-885.
- AMJAD, S. & GRAY, J. S. 1983. Use of Nematode - Copepod Ratio as an Index of Organic Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 14 (5):178-181.
- ARASAKI, E. 2004. Sistemas predominantes de tratamento de esgoto na costa paulista – metodologia para tomada de decisão. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 252p.
- AUBERT, M. 1990. Mediators of microbiological origin and eutrophication phenomena. *Marine Pollution Bulletin*, 21 (1) 24-29.
- AUBERT, M. 1992 Sanitary consequences of eutrophication and related ecological disequilibria in the marine environment. *Science of the Total Environment*, Supplement: 615-629.
- AXIAK, V.; PAVLAKIS; SIEBER, A. J.; TARCHI, D. 2000. Re-assessing the extent of impact of Malta's (Central Mediterranean) major sewage outfall using ERS SAR. *Marine Pollution Bulletin*, 40(9): 734-738.
- AZEVEDO, E. 1964. A Baixada Santista: aspectos geográficos. EDUSP. São Paulo. 4 volumes.

- BADER, R.G. 1955. Carbon and nitrogen relations in surface and subsurface marine sediments. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 7 (5/6): 205-211.
- BOLTOVSKOY, E. 1958. Foraminifera as biological indicators in the study of ocean currents. *Micropaleontology*, 5: 473-481.
- BOLTOVSKOY, E.; GIUSSANI, G.; WATANABE, S. & WRIGHT, R. 1980. Atlas of benthic shelf foraminifera of southwest Atlantic. Netherlands, Dr. W. Junk, 147p.
- BONETTI, C. 2000. Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao sistema estuarino de Santos – São Vicente (SP, Brasil). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 229p + anexo.
- BONETTI FILHO, J. 1996. Sensoriamento remoto aplicado à análise de ambientes costeiros impactados – avaliação metodológica: Baixada Santista. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia FFLCH, 260p. + anexo.
- BORREGO, J.; LOPEZ, M.; PENDON, J. G.; MORALES, J. A. 1998. C/S ratios in estuarine sediments of the Odiel River-mouth, S. W. Spain. *Journal of Coastal Research*. Vol. 14 (4): 1276-1283.
- BRASIL-LIMA, G. M. S. de S. 1998. Efeitos do efluente doméstico do emissário submarino de São Sebastião (SP), sobre o fitoplâncton marinho: estudos de campo e de laboratório. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 160 p.
- CARLSON, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnol. and Oceanogr.*, 22: 361-369.

CETESB. 1968. Norma Técnica CETESB L5.169 – Determinação de oxigênio dissolvido em águas – Método de Winkler modificado pela ázida sódica: Método de ensaio.

CETESB. 1978. Poluição das Águas no Estuário e Baía de Santos. Vol. 1.

CETESB. 1985. Baixada Santista – Carta do Meio Ambiente e de sua Dinâmica. São Paulo, CETESB, 33p.

CETESB. 1990. Norma Técnica CETESB L5.306 – Determinação de pigmentos fotossintetizantes. Clorofila a, b e c e feofitina a. 19p.

CETESB. 1993. Norma Técnica CETESB L5.202 – Coliformes totais e fecais – Determinação pela técnica de tubos múltiplos: Método de ensaio.

CETESB. 2003. Qualidade das águas litorâneas do estado de São Paulo – Balneabilidade das praias 2003/CETESB. São Paulo, 226p.

CETESB. 2005. Qualidade das águas litorâneas no estado de São Paulo Balneabilidade das praias 2004/CETESB. São Paulo, SP, 331p.

DEBENAY, J.P., REDOIS, F. 1997. Distribution of the twenty seven dominant species of shelf benthic foraminifers on the continental shelf, north of Dakar (Senegal). Marine Micropaleontology, vol. 29 (3) 237-255.

DEBENAY, J. P., DULEBA, W., BONETTI, C., MELLO E SOUSA, S.H. & EICHLER, B.B. 2001. *Pararotalia cananeiaensis* n. sp., indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coastal and paralic environments. Journal of Foraminifer. Research, v. 31, p. 152-163.

DULEBA, W.; COIMBRA, J. C.; PETRI, S. & BARBOSA, C. F. 2005. Foraminíferos tecamebas e ostracodes recentes utilizados como bioindicadores em estudos ambientais brasileiros. *In*: SOUSA, C. R.G.; SUGUIO, K.; SANTOS, M. &

OLIVEIRA, P. E. (eds). Quaternário do Brasil. ABEQUA. Capítulo 9. Ribeirão Preto, Ediora Holos.

DULEBA , W.; DEBENAY, J. P. 2003. Hydrodynamic circulation in the estuaries of Estação Ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from Foraminífera and thecamoebian assemblages. *Journal of Foraminiferal Research*, 33(1): 62 - 93.

ESTEVES, F. A. 1988. Fundamentos de Limnologia. Interciência/FINEP. Rio de Janeiro, 575p.

EPA (Environmental Protection Agency). 2003. "Strategy for Water Quality Standards and Criteria: Setting Priorities to Strengthen the Foundation for Protecting and Restoring the Nation's Waters" US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 17: 3-27.

FRAZÃO, L. R. 2001. Eutrofização por esgotos domésticos e sua relação com a ecologia e fisiologia do fitoplâncton marinho no litoral do estado de São Paulo (Ubatuba, Praia Grande e Santos). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 158p.

FRIEDMAN, G. M. & SAUNDERS, J. E. 1978. Principles of sedimentology. New York, Wiley, 792 p.

FÚLFARO, V. J. & PONÇANO, W. L. 1976. Sedimentação atual do estuário e Baía de Santos: Um modelo aplicado a projetos de expansão da zona portuária. *Anais do Congresso Brasileiro Geol. Eng.* (1): 67 – 90.

FUNDESPA. 1996. Avaliação oceanográfica da região de Mongaguá. Subprojeto Oceanografia Física. Relatório adicional 2.

FUNDESPA. 1997. Levantamento oceanográfico da área diretamente afetada por efluentes dos emissários submarinos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, Estado de São Paulo (projeto LOESS). Campanha emergencial na Praia da Enseada, Relatório Parcial, 183p.

FUNDESPA. 1998. Levantamento oceanográfico da área diretamente afetada por efluentes de emissários submarinos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, estado de São Paulo. Relatório Preliminar. Campanha de Inverno.

FUNDESPA. 1999. Levantamento oceanográfico da área diretamente afetada por efluentes dos emissários submarinos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, Estado de São Paulo. Relatório final. Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas, 2 volumes, 364p.

GOLDMAN, C. R. & HORNE, A. J. 1983. Limnology. New York. McGraw Hill Book. 464p.

GONÇALVES, F. B. & SOUZA, A. P. 1997. Disposição oceânica de esgotos sanitários: história, teoria e prática. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), Rio de Janeiro, 325p.

GROSS, M.D., 1971. Carbon determination. In: Carver, R. E. (Ed.), Procedures in sedimentary petrology. Wiley, New York, pp. 573-596.

HEITOR, S. R. 2002. Composição e distribuição da macrofauna bentônica em áreas sob influência da disposição oceânica de esgotos municipais na Baixada Santista e no Canal de São Sebastião, São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 245p.

HIDROCONSULT. 1975. Projeto executivo do emissário submarino. Sistema integrado de disposição oceânica dos esgotos da Ilha de São Vicente.

IBAMA. 2002. GEO Brasil 2002 – Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Brasília, 409p.

IBGE – Censo 2000.

IGNATIDES, L.; KARYDIS, M. & VOUNATSOU, P. 1992. A possible method for evaluation oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. Marine Pollution Bulletin, 24 (5): 238-243.

LARSSONEUR, C.; BOUYASSE, P.; AUFRET, J.P. 1982. The Superficial Sediments of The English Channel and its Western Approach. Sedimentology, 19 (6): 851-864.

LEGG, J. O.; BLACK, C. A. 1955. Soil Science Proc., vol. 19, 139-143.

LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H., 1964. Protista. *In*: Moore, R. C., ed. 1964. Treatise on invertebrate paleontology, Part C. New York, The University Kansas Press, v1, 510 p., v2, 390 p.

LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. 1988. Foraminiferal genera and their classification. New York, Van Nostrand, v1, 970 p., v2, 847 plates.

MAGLIOCCA, A. & KUTNER, A.S. 1964. Conteúdo orgânico do sedimento de fundo da região de Cananéia. Publicação especial do Instituto Oceanográfico, USP nº 195 do.

MAHIQUES, M. M. 1992. Variações temporais na sedimentação quaternária dos embaiamentos da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 352p.

MANLY, B. F. J. 1991. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in biology. Second ed. Chapman & Hall, London.

- MARCELLINO, E. B. 2000. Sistematização dos projetos de emissários submarinos da SABESP e avaliação de desempenho através do modelo computacional CORMIX. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 272p.
- MARQUES Junior, A. N.; MORAES, R. B. C. & MAURAT, M. C. 2002. Poluição Marinha. In: Biologia Marinha. Rio de Janeiro, capítulo 14: 311-334.
- METCALF & EDDY. 1991. Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse. 3a. edição, p. 47 – 109, p. 1225 – 1236
- MIRANDA, L. B. 1982. Análise de Massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) e Ilha de São Sebastião (SP). Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 125p.
- MURRAY, J.W., 1991. Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera. London, Longman Scientific & Technical, 397 p.
- MURRAY, J.W., 2003. Foraminiferal assemblage formation in depositional sinks on the continental shelf west of Scotland. J. Foraminifer. Res., 33, 101-121.
- NIBAKKEN, J. W. 1997. Marine Biology: an ecological approach. 4th edition.
- OCCHIPINTI, A. G. 1972. Estudos para o sistema de deposição oceânica dos esgotos de Santos e São Vicente. Congresso Interamericano de engenharia sanitária. Paraguai. Revista DAE., 32 (86): 155-176.
- POOLE, H. H. & ATKINS, W. R. G. 1929. Photo - eletric measurements of submarine illumination through the year. Mar. Biol. Ass., U. K. London, 16: 297 - 324.

RACHID, B. R. F. 1996. Ecotoxicidade de Efluentes Sanitários Urbanos Lançados ao Mar através de Emissários Submarinos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 106p.

RACHID, B. R. de F. 2002. Avaliação ecotoxicológica dos efluentes domésticos lançados pelos sistemas de disposição oceânica da Baixada Santista, SP. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

RUTTENBERG, K. C.; GOÑI, M. A. 1997. Phosphorus Distribution, C:N:P: Ratios, and $\delta^{13}\text{C}$ in Artic, Temperate and Tropical Coastal Sediments: Tolls for Characterizing Bulk Sedimentary Organic Matter. Marine Geology, vol. 139:132- 145.

SAITO, Y.; NISHIMURA, A. & MATSUMOTO, E. 1989. Transgressive and Sheet Covering the Shelf and Upper Slope off Sendai, Northeastern Japan. Marine Geology, 89 (3/4), p. 245-258.

SCHRÖDER, C. J.; SCOTT, D. B. & MEDIOLI, F.S. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? Journal of Foraminiferal Research 4:101-110.

SCOTT,D.B.;MEDIOLI,F. S.;SCHAFER, C. T. 2001. Monitoring in coastal environments using foraminifera and thecamoebian indicators. Cambridge: Cambridge University Press. 177p.

SOUZA, C. R. G. 1997. As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 184p.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 19th ed., Washington DC: American Public Health Association (1995).

- STEIN, R. 1991. Accumulation of organic carbon in marine sediments. Results from the Deep Sea Drilling Project/Ocean Drilling Program, *In*: BHATTACHARJI, S.; FRIEDMAN, G. M.; NEUGEBAUER, H. J.; SEILACHER, A. (eds.), Lecture Notes in Earth Sciences, vol. Springer, Berlin, 217 p.
- SUGUIO, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo, Ed. Edgard Blücher/EDUSP. 317p.
- SUGUIO, K., VIEIRA, E. M., BARCELOS, J. H., 1975. Ecological interpretation of the foraminifera from the Santos estuary zone, State of São Paulo. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, RJ, v.47, p.277 – 286
- Ter BRAAK, C. J. F. 1988. CANOCO – A FORTRAN program for canonical community ordination [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis (version 2.1). Report LWA – 88 Wageningen, The Netherlands. Agricultural Mathematics Group, 95p.
- Ter BRAAK, C. J. F., SMILAUER, P., 2002. CANOCO Reference Manual and User's Guide to canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, 500 pp.
- TOLEDO, A. P. de; TALARICO, N.; CHINEZ, S.J. & AGUDO, E.G. 1983. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. Anais 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CETESB, p. 1-34.
- TOMMASI, L. R. 1979. Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP). Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.
- TOMMASI, L.R. 1987. Impacto da disposição oceânica de esgotos municipais no ambiente costeiro: uma síntese. Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, 4: 412-418.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastics sediments. Journal of Geology, 30 (1): 377-392.

WERME C & HUNT, C.D. 2004. Outfall monitoring overview. Boston: Massachusetts Water Resources Authority. Report 2004-13. 97 p.

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. L. 1991, Limnological analyses. Springer-Verlag, New York, 391p.

www.sigrh.sp.gov.br

www1.folha.uol.com.br