

CENTRO DE ESTUDOS GERAIS
INSTITUTO DE QUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOQUÍMICA AMBIENTAL

CAMILA LOBO TEIXEIRA

CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE
ENSEADAS DA BAÍA DA ILHA GRANDE - RJ, COM ÊNFASE NA
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METAIS.

NITERÓI

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CAMILA LOBO TEIXEIRA

CARACTERIZAÇÃO DO SEDIMENTO SUPERFICIAL DE
ENSEADAS DA BAÍA DA ILHA GRANDE - RJ, COM ÊNFASE NA
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METAIS.

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Geoquímica Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. RENATO CAMPELLO CORDEIRO

Niterói
2009

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Alcir e Céli, minha irmã, Carol e minha avó, Roza, por todo tipo de apoio para alcançar meus objetivos pessoais e profissionais.

Ao meu marido e companheiro de todas as horas, Jimmy Aguiar, pelo auxílio na campanha de coleta, pela compreensão nos períodos de ausência e, principalmente, pelo incentivo à minha vida profissional.

Ao Prof. Dr. Renato Campello Cordeiro pela orientação na concretização deste trabalho e também pela empolgação durante a campanha de coleta.

A toda equipe que auxiliou na empreitada da coleta do sedimento utilizado neste estudo pela longa e cansativa semana de muito trabalho no paraíso.

Ao Prof. Dr. Ricardo Erthal Santelli pela essencial ajuda nas análises laboratoriais.

À Eliane Pádua pela “leitura” super rápida dos meus extratos de metais, sem a qual a realização deste trabalho não seria possível.

Aos professores do curso de pós-graduação em Geoquímica Ambiental da Universidade Federal Fluminense, Sambassiva, Bastian, Cátia, Emanuel, Wilson, Willian, John, Marcelo Bernardes, Cacilda, Ana Luisa e Bidone, pelo exemplo profissional.

Aos sempre prestativos funcionários da secretaria e biblioteca pelo auxílio nos problemas do dia-dia, em especial ao super secretário Nivaldo pela imensa simpatia de todas as horas.

Ao Anderson Carvalho pelos ensinamentos sobre o ciclo do fósforo e ao Eduardo Marques “festinha” pela ajuda na parte geológica.

Ao Vitor Nascimento do Departamento de Recursos Minerais (DRM) pelo grande auxílio na tarefa de destrinchar o mapa geológico da Baía da Ilha Grande e também pelas bibliografias cedidas.

Aos meus queridíssimos companheiros, Carine, Yvaga e Gerson, que me acompanham desde a graduação e que transformaram esta etapa da minha vida muito mais prazerosa.

À Cristiane Fiori pela amizade e confiança, pela companhia na coleta e nas diversas etapas laboratoriais e também pelo empréstimo de bastante bibliografia impressa.

Aos amigos do laboratório 400, Carlitos, Fábio, Renato careca, Monike, Marcela, Débora, Ana Paula, Clarissa, Luciane, Gabriel e Alice, e também aos agregados do laboratório 403, Léo, Luis e Ilene, por toda ajuda na parte operacional desse projeto e pelas inúmeras risadas durante os longos dias de trabalho dentro do laboratório.

Às “meninas” do laboratório de Biogeoquímica Marinha (406), Elisamara, Dani e Nilva, pelos constantes empréstimos de material sempre com sorrisos.

À galera da minha turma de mestrado, Julie, Sérgio, Guto, Douglas, Débora, Patrícia, Renata, Beth, Tiago (além dos já citados, Carine, Ývaga, Gerson e Luis) por tornarem as disciplinas mais agradáveis.

A CAPES e a FAPERJ pela bolsa de estudo concedida para realização deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para o resultado positivo deste trabalho.

RESUMO

A utilização indevida dos recursos naturais pelo homem, associada à crescente atividade industrial, tem causado efeitos muitas vezes irreversíveis aos sistemas ecológicos, tornando-se uma ameaça constante ao funcionamento adequado de seus ciclos naturais. Uma das grandes preocupações ecológicas atuais refere-se ao impacto ambiental causado pela liberação antrópica de metais nos diversos ambientes naturais e, de maior importância naqueles de interação direta com populações humanas. As enseadas abrigadas são consideradas as mais afetadas pela atividade humana devido à grande concentração populacional, à proximidade de áreas de descarga de rejeitos e à baixa circulação de águas. Desta forma, torna-se de extrema importância o estudo da concentração de metais em áreas costeiras pois estes sistemas tem capacidade de acumular elevadas concentrações de elementos traços. A Baía da Ilha Grande compõe um sistema estuarino interconectado com a Baía de Sepetiba e está inserida numa área relativamente bem preservada. Possíveis fontes de metais para a Baía da Ilha Grande são o intemperismo das rochas, deposição atmosférica e o lançamento de efluentes industrial e doméstico. O presente trabalho visa a determinação da distribuição espacial de metais nas enseadas da Baía da Ilha Grande - RJ para avaliar os possíveis efeitos de ações antrópicas de diferentes fontes nas áreas costeiras abrigadas da região. Para realização deste estudo foram coletados sedimentos superficiais em 9 áreas desta baía, totalizando 135 pontos de amostragem. Foram determinados a composição granulométrica e mineralógica, composição elementar e isotópica da matéria orgânica (Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total, relação C/N, ^{13}C , ^{15}N), fósforo orgânico e inorgânico, metais pelo método EPA 3051. Os resultados mostram que o sedimento das enseadas da Baía da Ilha Grande possui granulometria fina, constituído basicamente de silte e argila (em média, 86 % da composição do sedimento), fração granulométrica que apresenta maior concentração de metais. A análise do material biogênico indica uma mistura de fontes de matéria orgânica para o ambiente porém evidencia uma maior influência marinha na deposição da matéria orgânica (valores de C/N entre 6 e 14) comparada à influência terrestre. Altos valores de fósforo total foram observados em Parati (média de 965 $\mu\text{g/g}$ e máximo de 1137 $\mu\text{g/g}$), impulsionado pelos valores de fósforo orgânico (média de 442 $\mu\text{g/g}$) que podem indicar entrada de

nutrientes oriundos do sistema florestal do entorno ou contaminação por esgoto doméstico nesta área. As análises de metais indicam que não há contaminação nas enseadas da Baía da Ilha Grande; todos os valores medidos mostraram-se abaixo dos valores estabelecidos como nível limiar de efeitos na biota (TEL), exceto para níquel na Baía da Ribeira em 1 ponto de amostragem (BR 04 = 54,2 µg/g) e zinco na enseada de Angra dos Reis em 2 pontos (ANG 10 = 789 µg/g e ANG 11 = 505 µg/g) que apresentaram valores elevados, acima do nível de prováveis efeitos da biota (PEL) de 42,8 µg/g para níquel e de 271 µg/g para zinco. Desta forma, pode-se concluir que as enseadas da Baía da Ilha Grande não apresentam contaminação antrópica por metais e também não é observado influência direta da contaminação da Baía de Sepetiba. Os metais são provavelmente oriundos do intemperismo das rochas que constituem a bacia de drenagem, escoamento superficial e, em menor escala, deposição atmosférica; neste contexto, os diferentes perfis geológicos observados entre a região da Ilha Grande e Angra dos Reis e a área de Parati e Mamanguá se torna relevante. Os níveis de metais medidos na região não conferem características de áreas contaminadas para a Baía da Ilha Grande.

Palavras-chave: Baía da Ilha Grande. Sedimento superficial. Metais. Contaminação ambiental. Perfil geológico.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais fontes antrópicas de metais para o ambiente marinho (modificado de Lacerda, 1983 e Fernandez <i>et al.</i> , 1994).....	20
Tabela 2 - Valores referenciais internacionais para metais ($\mu\text{g/g}$).....	27
Tabela 3 - Valores alertas para carbono orgânico total (%) e nutrientes ($\mu\text{g/g}$) Resolução CONAMA 344/2004.....	27
Tabela 4- Localidades e número de pontos de coleta.....	30
Tabela 5 - Indicação dos pontos de realização da análise mineralógica em cada enseada.	39
Tabela 6 - Resultados obtidos na análise do material certificado NIST (Industrial Sludge 2782), limite de detecção, exatidão e precisão das determinações dos metais ($\mu\text{g/g}$) \pm desvio padrão.....	45
Tabela 7 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) dos parâmetros físico-químicos da água e do sedimento superficial da Baía da Ilha Grande.....	46
Tabela 8 - Resultado da análise da composição mineralógica do sedimento, em %...	48
Tabela 9 - Valores do coeficiente de variação (CV) em % dos metais analisados nas diferentes estações amostrais, destacado em vermelho os metais que apresentaram CV maior que o alumínio e em negrito os que apresentaram CV maior que o titânio.	51
Tabela 10 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Palmas, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).....	52
Tabela 11 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada de Palmas, $n = 13$ e $p < 0,05$	56
Tabela 12 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada do Abraão, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar	

e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).....	57
Tabela 13 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Abraão, $n = 10$ e $p < 0,05$	61
Tabela 14 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada da Estrela, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração absoluta de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).....	62
Tabela 15 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada da Estrela, $n = 11$ e $p < 0,05$	66
Tabela 16 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Saco do Céu, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).....	67
Tabela 17 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Saco do Céu, $n = 7$ e $p < 0,05$	71
Tabela 18 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada do Sítio Forte, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).....	72
Tabela 19 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Sítio Forte, $n = 23$ e $p < 0,05$	76
Tabela 20 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada do Saco do Mamanguá, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).....	77

Tabela 21 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Saco do Mamanguá, n = 22 e p < 0,05.	81
Tabela 22 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Parati, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo (µg/g) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em µg/g de sedimento seco).	82
Tabela 23 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada de Parati, n = 8 e p < 0,05.	85
Tabela 24 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada da Baía da Ribeira, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo (µg/g) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em µg/g de sedimento seco).	86
Tabela 25 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada da Baía da Ribeira, n = 22 e p < 0,05.	90
Tabela 26 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Angra dos Reis, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo (µg/g) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em µg/g de sedimento seco).	91
Tabela 27 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada de Angra dos Reis, com n = 17 e p < 0,05.	95
Tabela 28 (a) - Comparativo das concentrações de metais deste estudo com dados da literatura.	96
Tabela 29 - Comparativo entre valores de matéria orgânica e fósforo medidos neste estudo e valores orientadores da Resolução CONAMA 344/2004.	98
Tabela 30 - Comparativo entre valores de concentração de metais medidos neste estudo e valores orientadores em µg/g.	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da região da Baía da Ilha Grande, com indicação das enseadas estudadas.....	29
Figura 2 - Mapa geológico da região da Serra da Bocaina e da Baía da Ilha Grande (Eirado <i>et al.</i> , 2006).....	36
Figura 3 - Foto do lançamento da Draga de Eckman utilizada para coleta de sedimento superficial.....	37
Figura 4 - Foto da prensa (esquerda) e do espectrômetro infravermelho modelo SPECTRUM 1000 CSI-L118-M100.....	39
Figura 5 - Foto do analisador de partículas a laser, modelo Cilas 1064.....	40
Figura 6 - Foto do forno de microondas MARS CEM.....	43
Figura 7 - Mapa de localização das estações amostrais na Enseada de Palmas.....	53
Figura 8 - Mapa da localização das estações amostrais da Enseada de Abraão.....	58
Figura 9 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada da Estrela e Saco do Céu.....	63
Figura 10 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada do Sítio Forte....	73
Figura 11 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada do Saco do Mamangá.....	78
Figura 12 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada de Parati.....	83
Figura 13 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada da Baía da Ribeira.....	87
Figura 14 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada de Angra dos Reis.....	92
Figura 15 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de areia (%) entre as enseadas.....	101
Figura 16 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de silte (%) entre as enseadas.....	101
Figura 17 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de argila (%) entre as enseadas.....	102

Figura 18 - Gráfico Box Plot para comparação da densidade aparente (g/cm^3) entre as enseadas.....	103
Figura 19 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de água (%) entre as enseadas	103
Figura 20 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de fósforo total ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	104
Figura 21 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de fósforo orgânico ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.	105
Figura 22 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de fósforo inorgânico ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.	105
Figura 23 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de carbono orgânico total (%) entre as enseadas.....	106
Figura 24 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de nitrogênio total (%) entre as enseadas.....	107
Figura 25 - Gráfico Box Plot para comparação da razão C/N entre as enseadas.	108
Figura 26 - Gráfico Box Plot para comparação dos valores de isótopo ^{13}C (‰) entre as enseadas.....	109
Figura 27 - Gráfico Box Plot para comparação dos valores de isótopo ^{15}N (‰) entre as enseadas.....	109
Figura 28 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Al ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	111
Figura 29 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Ti ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	111
Figura 30 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Fe ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	113
Figura 31 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Mn ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	113
Figura 32 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Ba ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	114
Figura 33 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Cd ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	115

Figura 34 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Cr ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	116
Figura 35 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Cu ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	117
Figura 36 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Ni ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	118
Figura 37 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Pb ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	119
Figura 38 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de V ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	120
Figura 39 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Zn ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.....	122
Figura 40 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Zn ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas, excluindo a Enseada de Angra dos Reis.	122

APÊNDICES

Apêndice 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta

Apêndice 2 - Resultados das medidas de parâmetros físico-químicos na água (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido - mg/L e %, condutividade e pH) e no sedimento (pH e Eh), bem como a profundidade (em metros) da coluna d'água nos pontos de coleta

Apêndice 3 - Resultado das análises de teor de água, densidade aparente, teor de carbonato, granulométrica, fósforo e matéria orgânica no sedimento superficial de Enseadas da Baía da Ilha Grande

Apêndice 4 – Resultados das análises de concentração absoluta ($\mu\text{g/g}$) de metais no sedimento superficial de Enseadas da Baía da Ilha Grande

Apêndice 5 – Resultados das análises de concentração volumétrica (g/cm^3) de metais no sedimento superficial de Enseadas da Baía da Ilha Grande

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	17
1.1 - METAIS EM AMBIENTES COSTEIROS.....	18
1.2 - CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA.....	22
1.3 - CARACTERIZAÇÃO DO FÓSFORO.....	24
1.4 - VALORES REFERENCIAIS INTERNACIONAIS.....	25
2 - OBJETIVO	28
2.1 - OBJETIVO GERAL.....	28
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
3 - ÁREA DE ESTUDO	29
3.1 - GERAL.....	29
3.2 - CLIMA.....	32
3.3 - HIDROLOGIA.....	33
3.4 - GEOLOGIA.....	33
4 - MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 - COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	37
4.2 - ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	38
4.2.1 - <u>Determinação de densidade aparente e teor de água do sedimento</u>	38
4.2.2 - <u>Análise da composição mineralógica</u>	38
4.2.3 - <u>Análise da composição granulométrica</u>	40
4.2.4 - <u>Determinação do teor de carbonato, carbono orgânico total, nitrogênio total e isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$</u>	41
4.2.5 - <u>Determinação de fósforo total, inorgânico e orgânico</u>	42

4.2.6 - <u>Determinação da concentração de metais</u>	43
4.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	45
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA ÁGUA SUPERFICIAL E NO SEDIMENTO.....	46
5.2 - ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO SEDIMENTO.....	47
5.3 - NORMALIZAÇÃO DOS DADOS DE METAIS.....	49
5.4 - ENSEADA DE PALMAS.....	52
5.5 - ENSEADA DO ABRAÃO.....	57
5.6 - ENSEADA DA ESTRELA.....	62
5.7 - ENSEADA DE SACO DO CÉU.....	67
5.8 - ENSEADA DO SÍTIO FORTE.....	72
5.9 - SACO DO MAMANGUÁ.....	77
5.10 - ENSEADA DE PARATI.....	82
5.11 - BAÍA DA RIBEIRA.....	86
5.12 - ANGRA DOS REIS.....	91
5.13 - ESTUDO COMPARATIVO COM DADOS DA LITERATURA, COM VALORES ORIENTADORES E ENTRE AS ENSEADAS.....	96
5.13.1 - <u>Comparativo com dados da literatura</u>	96
5.13.2 - <u>Comparativo com valores orientadores de qualidade de sedimento</u>	98
5.13.3 - <u>Granulometria, teor de água e densidade aparente</u>	100

5.13.4 - <u>Fósforo, matéria orgânica e isótopos ^{13}C e ^{15}N</u>	104
5.13.5 - <u>Metais</u>	110
5.13.5.1 - Alumínio e Titânio.....	110
5.13.5.2 - Ferro e Manganês.....	112
5.13.5.3 - Bário.....	114
5.13.5.4 - Cádmio.....	115
5.13.5.5 - Cromo.....	116
5.13.5.6 - Cobre.....	117
5.13.5.7 - Níquel.....	118
5.13.5.8 - Chumbo.....	119
5.13.5.9 - Vanádio.....	120
5.13.5.10 - Zinco.....	121
6 - CONCLUSÕES	123
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

1 - INTRODUÇÃO

A utilização indevida dos recursos naturais pelo homem, associada à crescente atividade industrial, tem causado efeitos muitas vezes irreversíveis aos sistemas ecológicos, tornando-se uma ameaça constante ao funcionamento adequado de seus ciclos naturais (ODUM, 2001). Nos últimos anos, o aumento da demanda do homem por compostos manufaturados promoveu um desordenado e acelerado processo de industrialização, especialmente de áreas costeiras (LACERDA, 1994), devido, principalmente, à facilidade de instalações de corredores portuários de exportação (CARDOSO *et al.*, 2001). O crescimento urbano e industrial das últimas décadas vem desempenhando um papel importante na contaminação das regiões costeiras, em nível mundial (DORNELLES, 1993). Áreas costeiras abrigadas podem ser consideradas as mais afetadas pela atividade humana devido à grande concentração populacional, à proximidade de áreas de descarga de rejeitos e à baixa circulação de águas.

Poluição marinha define-se por “introdução, pelo homem, de substâncias ou energia no ambiente marinho (incluindo estuários), acarretando em efeitos deletérios, como danos aos recursos vivos, doenças à saúde humana e obstáculos às atividades marinhas, incluindo pesca e lazer, ocasionando redução da qualidade de vida” (MARQUES JR. *et al.*, 2002). Atualmente, uma das grandes preocupações ecológicas refere-se ao impacto ambiental causado pela liberação antrópica de metais nos diversos ambientes naturais e, de maior importância naqueles de interação direta com populações humanas.

Para o estudo de metais de interesse ambiental pode ser utilizado água, material particulado, sedimentos e organismos aquáticos do ambiente em questão; os sedimentos têm sido mais amplamente utilizados pela coleta e estocagem, tratamento das amostras e, principalmente, pelas maiores concentrações encontradas, dispensando tarefas de pré-concentração e facilitando as análises (SALOMONS & WITTMANN, 1981). O sedimento superficial é considerado como um compartimento importante para o estudo de metais no ambiente aquático e de acúmulo de espécies

poluentes da coluna d'água devido às altas capacidades de sorção e acumulação associadas (CARVALHO & LACERDA, 1992). Desta forma, este compartimento é um bom indicador de qualidade ambiental e possibilita identificar as principais fontes de poluição dentro de um determinado sistema aquático (JESUS *et al.*, 2004).

A Baía da Ilha Grande, que se situa entre as duas maiores metrópoles da América do Sul - as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, abriga uma grande beleza paisagística e uma rica fauna e flora, sendo um santuário de biodiversidade singular (CREED *et al.*, 2007). Devido a essas características, esta região possui o maior número de unidades de conservação do Estado do Rio de Janeiro, sendo 11 no total. Porém a atividade antrópica na área pode causar danos severos aos sistemas costeiros da região; além das atividades voltadas ao turismo, a região da Baía da Ilha Grande possui outros empreendimentos de grande porte, como um porto comercial, um terminal de petróleo, um terminal de minérios, duas usinas nucleares e um estaleiro.

Diante do exposto, torna-se de extrema importância o estudo da concentração de metais em áreas costeiras, no caso, as enseadas da Baía da Ilha Grande, pois pode-se observar níveis bastante elevados (SO, 1978).

1.1 - METAIS EM AMBIENTES COSTEIROS

O termo metal pesado tem sido utilizado para designar os elementos metálicos que tem densidade maior que 5 g/mL. Sob o ponto de vista de abundância e toxicidade, os metais podem ser classificados como: 1) não críticos, ex.: Fe, Al e Sr; 2) tóxicos mas muito insolúveis ou raros, ex.: Ti e La; e 3) muito tóxicos e relativamente disponíveis, ex.: Cd, Co, Cu, Ni, Pb e Zn (MARQUES JR. *et al.*, 2002). Alguns metais, como o ferro, o cobre e o zinco, são considerados micronutrientes e possuem funções fisiológicas importantes; porém em altas concentrações tornam-se tóxicos (ARMELIN *et al.*, 2008). Outros metais, como o cádmio e o chumbo, não apresentam nenhuma função conhecida nos organismos, sendo tóxicos mesmo em concentrações muito baixas (CASSARET & DOULL'S, 1995).

Apesar dos metais ocorrerem naturalmente na composição dos ambientes costeiros, o aumento de suas concentrações ao longo dos anos tem causado diversas

alterações no funcionamento dos ecossistemas. A classificação dos metais encontrados no ambiente leva em consideração a origem do material, sendo litogênicos os metais provenientes do intemperismo das rochas e antrópicos os introduzidos por atividades humanas (LACERDA, 1983).

Os metais podem atingir o ambiente marinho por fontes difusas ou pontuais, sendo essas naturais ou antrópicas. Os processos naturais de introdução de metais no ambiente, dependendo de sua magnitude e frequência, são mais assimiláveis pelos ecossistemas, pois ocorrem de forma gradual, enquanto os antrópicos ocorrem em concentrações e duração que não permitem a assimilação pelo ambiente, sendo cumulativos no meio. Desta forma, considera-se que a intervenção humana é a maior responsável pela disposição dos metais em ambientes costeiros, uma vez que a sua geração e utilização como subproduto nas atividades industriais ocorre em escala exponencial, gerando diversos impactos em níveis local e global, levando a um estresse contínuo da natureza e, conseqüentemente, a efeitos agudos ou crônicos à saúde dos ecossistemas e do homem (THOMASI, 1987).

As principais fontes difusas de metais para o meio são intemperismo físico e químico das rochas constituintes da bacia hidrográfica, escoamento superficial, deposição atmosférica e disposição de material dragado (RODRIGUES, 2001); porém, em estudo recente, Moore (1999) indicou que o aporte de águas subterrâneas pode ser um importante fator de controle da distribuição de metais e nutrientes em águas costeiras. O intemperismo físico é o conjunto de processos que causam desagregação das rochas, com separação dos grãos minerais antes coesos e com sua fragmentação, transformando a rocha inalterada em material descontínuo; o intemperismo químico é uma série de reações químicas que ocorrem quando as rochas afloram na superfície da Terra e transformam-nas em outros minerais mais estáveis (TOLEDO *et al.*, 2003). O clima quente e úmido favorece o intemperismo químico que libera material iônico facilitando o aporte de matéria sólida fina (principalmente sob a forma de argilominerais) para região estuarina de entorno.

As fontes pontuais são caracterizadas basicamente pelo despejo de efluentes sanitários e industriais (RODRIGUES, 2001). Os esgotos sanitários são constituídos essencialmente de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais e água de

infiltração, tendo características bem definidas. Estes efluentes provêm principalmente de residências, edifícios comerciais, instituições ou quaisquer edificações que contenham instalações de utilização de água para fins domésticos, como banheiros, cozinhas e lavanderias; compõe-se basicamente de água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (JORDÃO & PESSOA, 1995). Para avaliar a ocupação urbana e o lançamento de efluentes domésticos, pode-se afirmar que os elementos-traço Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn são os mais importantes no processo de acumulação, devendo ser considerados nas avaliações ambientais (TORRES *et al.*, 2005).

Os esgotos industriais provêm de qualquer utilização da água para fins industriais e adquirem características próprias em função do processo industrial empregado. Desta forma, são extremamente diversos; cada indústria deve ser considerada separadamente uma vez que seus efluentes diferem até mesmo em processos industriais semelhantes (JORDÃO & PESSOA, 1995). Vale ressaltar que uma atividade industrial pode contribuir com a emissão de mais de um metal para o ambiente como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais fontes antrópicas de metais para o ambiente marinho.

METAL	FONTES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
alumínio	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
cádmio	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
cobre	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+
cromo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
chumbo	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+
manganês	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
níquel	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+
zinco	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+

1 - Indústria metalúrgica; **2** - Indústria química; **3** - Agroindústria (defensivos químicos e/ou fertilizantes); **4** - Indústria de plásticos; **5** - Indústria eletro-eletrônica; **6** - Indústria têxtil; **7** - Indústria de papel e papelão; **8** - Indústria gráfica; **9** - Cortumes; **10** - Indústria de bebidas; **11** - Cerâmica; **12** - Mineração.
Fonte: LACERDA, 1983 e FERNANDEZ *et al.*, 1994.

O aporte fluvial é considerado o maior transportador de metais de origem continental para áreas costeiras (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984). Estes metais podem estar presentes na estrutura dos minerais, adsorvidos em suas superfícies ou em solução; estudos indicam que os metais são transportados principalmente associados ao material em suspensão (IP *et al.*, 2007; CALMANO *et al.*, 1993; FÖRSTNER & WITTMANN, 1979), que precipita ao atingir o ambiente estuarino.

Vários mecanismos físicos e químicos regem a acumulação (mobilização) de metais nos sedimentos estuarinos. Os parâmetros físico-químicos da água e do sedimento podem determinar a mobilidade e biotoxicidade dos metais no ambiente aquático (BOROVEC, 1996; RAURET, 1988); o trabalho de Riba *et al.* 2004 mostrou que a toxicidade dos metais em moluscos *Ruditapes philippinarum* aumenta quanto menores os valores de pH e salinidade do sedimento.

Em ambientes redutores, os metais encontram-se fortemente ligados ao sedimento sob forma não disponível para incorporação biológica, o que é comum em regiões anóxicas. Condições oxidantes favorecem a formação de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês (compostos insolúveis), que podem carrear diversos outros metais (FÖRSTNER & WITTMANN, 1979). Os óxidos e hidróxidos de ferro e manganês podem transportar outros metais para o sedimento através de processos de adsorção em sua superfície ou co-precipitação, além de estarem associados à superfície das argilas (RYBICKA *et al.*, 1995). A matéria orgânica atua como importante agente complexante de metais, que precipitam adsorvidos à superfície; pode estar associada à superfície das argilas ou sedimentar diretamente sobre o leito marinho.

Os metais não são homoganeamente distribuídos nos diferentes tamanhos de grãos presentes nos sedimentos, desta forma, a granulometria exerce grande influência sobre a distribuição espacial de metais no ambiente. Em geral, a fração fina do sedimento é a que concentra os maiores teores de metais, já nas frações grossas as concentrações de metais decrescem porque estas frações são predominantemente formadas por compostos de quartzo com baixos teores de metais (SEELINGER *et al.*, 1988). Sedimentos com granulometria mais fina, formados basicamente de silte e argila, possuem maior capacidade de adsorção de metais quando comparados a sedimentos grosseiros (arenosos). Além disso, sedimentos argilosos possuem maior teor de óxidos

e hidróxidos de ferro e manganês e também matéria orgânica adsorvidos à sua superfície, ajudando no controle da deposição dos metais traço (IP *et al.*, 2007).

A remobilização dos metais retidos no sedimento para a coluna d'água ocorre sob influência da variação de parâmetros físico-químicos (como pH, salinidade e potencial redox), presença de espécies ligantes e também da atividade biológica.

1.2 - CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Considerando a grande importância da matéria orgânica no que tange a adsorção, transporte e deposição de metais no ambiente a caracterização desta quanto a sua composição e origem torna-se relevante.

No ambiente, os compostos orgânicos são passíveis de degradação microbiana sendo transformada em compostos inorgânicos; este processo é conhecido como mineralização da matéria orgânica (MARQUES JR. *et al.*, 2002). A grande maioria dos processos de decomposição microbiológica da matéria orgânica nos corpos d'água ocorre às custas da depleção do oxigênio dissolvido na água, podendo chegar, em casos extremos, a condições de anaerobiose e perda da vida aquática (JORDÃO & PESSOA, 1995). A oxidação desse material orgânico em CO₂ pode ocorrer na zona fótica da coluna d'água, durante o processo de deposição das partículas, e também nas camadas superficiais que sofrem bioturbação (HEDGES & OADES, 1997).

Na maioria dos sistemas aquáticos, a principal fonte de matéria orgânica primária é a produção fotossintética da comunidade fitoplanctônica que vive na zona fótica desses corpos d'água (MEYERS, 1997). Porém, os estuários são considerados ambientes deposicionais que recebem grande contribuição de detritos de matéria orgânica de origem terrestre. Já no sedimento, cerca de 90% da matéria orgânica inicialmente depositada é remineralizada (EADIE *et al.*, 1984), sendo que a de origem algal é mais facilmente remineralizada do que o material orgânico proveniente de plantas terrestres (MEYERS, 1994).

Em condições aeróbicas, a oxidação da matéria orgânica pela ação bacteriana ocorre utilizando o oxigênio dissolvido na água superficial ou intersticial comoceptor final de elétrons. Já em ambientes redutores, como o ambiente sedimentar observado

nas enseadas da Baía da Ilha Grande, essa degradação é realizada por bactérias anaeróbicas, que podem utilizar várias substâncias como aceptoras finais de elétrons, dependendo das condições do meio; nas camadas mais superficiais do sedimento anaeróbico ocorre redução de nitrato e óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, enquanto que em zonas mais profundas observa-se uma camada sulfato-redutora seguido de uma camada carbono-redutora (GOLDHABER, 2003).

Para caracterização do material biogênico utilizam-se as concentrações elementares de carbono e nitrogênio orgânicos, bem como o conteúdo dos isótopos estáveis $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. A razão entre o conteúdo de carbono e nitrogênio orgânicos é utilizada para interpretar a fonte da matéria orgânica para o ambiente (MEYERS 1997). Valores de C/N entre 4 e 10 indicam que a matéria orgânica tem origem autóctone, ou seja, origem fitoplanctônica, enquanto que valores superiores a 20 são característicos de matéria orgânica alóctone (terrestre) originada principalmente de plantas superiores (MEYERS, 1994).

A determinação da composição isotópica de carbono e nitrogênio presentes na matéria orgânica sedimentar remete informações sobre as fontes desses compostos orgânicos, bem como permite a diferenciação entre os tipo de planta terrestre ($\delta^{13}\text{C}$) e a definição de processos de mineralização da matéria orgânica ($\delta^{15}\text{N}$) (MEYERS, 1997).

A composição do carbono isotópico da matéria orgânica reflete, principalmente, as fontes de carbono para o meio e também o processo de assimilação de carbono durante a fotossíntese. Plantas terrestres apresentam 2 vias fotossintéticas principais: a via C3 e a via C4. A matéria orgânica produzida por essas diferentes vias mostram variações nos valores de $\delta^{13}\text{C}$, pois as enzimas envolvidas nos distintos processos fotossintéticos de assimilação do carbono apresentam diferentes capacidades de discriminar moléculas de $^{13}\text{CO}_2$; plantas C3 apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -20 ‰ e -27 ‰, enquanto em plantas C4 estes valores variam entre -7 ‰ e -14 ‰ (MEYERS, 1997). A matéria orgânica de origem fitoplanctônica apresenta valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -20 ‰ e -25 ‰, porque o carbono inorgânico dissolvido na água do mar é relativamente enriquecido em ^{13}C (MEYERS, 1994).

Os valores do isótopo ^{15}N podem ser utilizados para distinguir a origem da matéria orgânica do ambiente. As fontes de nitrogênio para plantas terrestres e algas

apresentam diferenças isotópicas; o principal aporte de nitrogênio inorgânico para as algas é o NO_3^- dissolvido na água, que possui valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre 7 e 10 ‰, enquanto que as plantas fixadoras de nitrogênio no solo utilizam o N_2 atmosférico, que apresenta valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos a 0 ‰ (MEYERS, 2003). Essa diferença se mantém na matéria orgânica produzida por essas duas diferentes fontes: matéria orgânica de origem algal apresenta valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos a 8,6 ‰, enquanto que a de origem terrestre (plantas C3) apresenta valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos a 0,4 ‰ (MEYERS, 1997).

1.3 - CARACTERIZAÇÃO DO FÓSFORO

As rochas fosfatadas são consideradas como grandes depósitos naturais de fósforo, a maioria contendo minerais apatíticos: fluorapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$), hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) ou cloroapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$). Esses depósitos detêm até 95 % de todo fósforo da crosta terrestre (RUTTENBERG, 2003).

As fontes de fósforo para o ambiente são as ações de intemperismo das rochas fosfatadas e, principalmente, a ação antrópica. Os processos de intemperismo físico e químico dessas rochas acima citadas resultam na decomposição dos minerais apatíticos seguido da disponibilização do fósforo para o meio. Já a influência do homem na liberação de fósforo para o ambiente está ligada ao lançamento de efluentes industrial e doméstico e também ao uso de fertilizantes agrícolas fosfatados. Este fósforo então pode ser lançado diretamente no meio (no caso de efluentes) ou ser transportado para os lagos e estuários, na forma dissolvida ou, principalmente, particulada, através do escoamento superficial e deposição atmosférica (JAHNKE, 1992).

No ambiente esse fósforo se distribui nas formas orgânicas e inorgânicas. Na forma orgânica o fósforo pode ser metabolizado por microorganismos (geralmente microalgas) sendo incorporado pelo organismo ou liberado na forma inorgânica (SUNDBY, 1992).

Já na forma inorgânica dissolvida é observada uma influência do pH da água do mar nas espécies em que o fósforo se apresenta: HPO_4^{2-} em pH 7-8 ou PO_4^{3-} em pH 9-

10 (JAHNKE, 1992). Nessas formas o fósforo pode ser facilmente assimilado por microorganismos, algas e plantas (ALONGI *et al.*, 1992) podendo retornar ao meio na forma orgânica. Esse fósforo inorgânico dissolvido pode precipitar com o Ca^{2+} formando fluorapatita, hidroxapatita e cloroapatita (RUTTENBERG, 2003) ou pode estar fortemente adsorvido nas partículas de argila (BERNER & BERNER, 1996).

Em águas estuarinas (pH levemente básico) grande parte dos íons Fe^{3+} encontra-se na forma de hidróxido de ferro (ESTEVES, 1998) que apresenta grande tendência para adsorver o fosfato (SUNDBY *et al.*, 1992) que acaba precipitando para o sedimento.

A disponibilização do fósforo retido no sedimento é dependente de características físico-químicas, como pH e potencial redox (ALONGI *et al.*, 1992). Alguns microorganismos, em baixa concentração de oxigênio, reduzem o Fe^{3+} a Fe^{2+} (ATLAS & BARTHA, 1993) liberando o fósforo ligado ao Fe^{3+} para a água intersticial, que pode migrar para a coluna de água e retornar ao ciclo.

1.4 - VALORES REFERENCIAIS INTERNACIONAIS

Valores orientadores internacionais têm sido utilizados amplamente na avaliação da qualidade de sedimentos afetados por atividades antrópicas, e também são facilitadores para comparação de áreas distintas estudadas (HUERTA-DIAZ *et al.*, 2008). Um relatório técnico sobre valores orientadores internacionais compilados pela NOAA - EUA (BUCHMAN, 1999) reporta concentrações de poluentes orgânicos e inorgânicos em água (profunda e superficial) e sedimento (marinho ou de água doce) e métodos analíticos utilizados para substâncias orgânicas e inorgânicas. Neste estudo, os resultados serão comparados com valores de TEL ("*Threshold effects level*") e PEL ("*Probable effects level*"):

- TEL é a concentração correspondente à média geométrica entre o décimo quinto percentil do banco de dados de amostras tóxicas e a mediana dos dados sem efeito tóxico; representa a concentração abaixo da qual efeitos tóxicos à biota ocorrem apenas raramente.

- PEL é a concentração correspondente à média geométrica entre o valor das amostras que promoveram impacto em 50% dos casos e o valor das amostras que não promoveram impacto em 85% dos casos; representa a concentração acima da qual efeitos adversos à biota são freqüentemente esperados.

Além destes valores acima citados, Buschman (1999) reporta valores de ERL (*“Effect range low”*) e ERM (*“Effect range median”*):

- ERL é a concentração correspondente ao percentil dez inferior do banco de dados compilado de amostras que apresentam toxicidade; representa a concentração a partir da qual o efeito tóxico pode começar a ocorrer em espécies sensíveis.

- ERM é a concentração correspondente à mediana das amostras tóxicas compiladas.

Estes valores orientadores seguem a ordem: TEL < ERL < PEL < ERM, assumindo-se que níveis acima do ERM e do PEL indicam elevada probabilidade de ocorrer efeitos tóxicos a organismos sensíveis aos elementos em questão, enquanto que níveis acima do ERL e do TEL indicam que já há concentrações que podem ser tóxicas a organismos expostos, porém existe baixa probabilidade de que ocorra este impacto (BUCHMAN, 1999).

A legislação brasileira, por meio da Resolução CONAMA 344/2004 (que dispõe sobre avaliação dos materiais a serem dragados em águas jurisdicionais brasileiras), adotou os valores de ERL e ERM como critérios de qualidade de água e sedimento. Esta resolução estabelece procedimentos que definem dois níveis de classificação do material a ser dragado:

- Nível 1 é definido como o limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota (= ERL).

- Nível 2 é definido como o limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota (= ERM).

A Resolução CONAMA 344/2004 também define valores orientadores para carbono orgânico total e nutrientes, na forma de “valor alerta” definido como “valor acima do qual representa possibilidade de causar prejuízos ao ambiente na área de disposição do material dragado”.

A Tabela 2 mostra os valores referenciais reportados por Buchman (1999) e pela resolução CONAMA 344/2004 (em μg do elemento/g de sedimento seco) para os metais contemplados neste estudo e a Tabela 3 mostra os valores alertas reportados pela resolução CONAMA 344/2004 para carbono orgânico total (%), nitrogênio total ($\mu\text{g}/\text{g}$) e fósforo total ($\mu\text{g}/\text{g}$).

Tabela 2 - Valores referenciais internacionais para metais ($\mu\text{g}/\text{g}$).

	TEL ⁽¹⁾	ERL ⁽¹⁾ ou nível 1 ⁽²⁾	PEL ⁽¹⁾	ERM ⁽¹⁾ ou nível 2 ⁽²⁾
Ba	-	-	-	-
Cd	0,67	1,20	4,20	9,60
Cr	52,3	81,0	160,4	370,0
Cu	18,7	34,0	108,2	270,0
Ni	15,9	20,9	42,8	51,6
Pb	30,2	46,7	112,2	218,0
V	-	-	-	-
Zn	124	150	271	410

Fonte: (1) Buchman, 1999 e (2) Resolução CONAMA 344/2004.

Tabela 3 - Valores alertas para carbono orgânico total (%) e nutrientes ($\mu\text{g}/\text{g}$)

Parâmetros	Valor Alerta
Carbono orgânico total	10
Nitrogênio total	4800
Fósforo total	2000

Fonte: Resolução CONAMA 344/2004.

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Caracterizar a composição geoquímica de sedimentos superficiais de enseadas da Baía da Ilha Grande, RJ, com ênfase na distribuição espacial de metais.

Buscar anomalias geoquímicas naturais relacionadas a diferentes setores geológicos e anomalias antrópicas em função de diferentes atividades.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a densidade aparente, composição granulométrica e mineralógica dos sedimentos das enseadas da Baía da Ilha Grande a fim de caracterizar a textura e composição sedimentar.
- Determinar a composição elementar e isotópica da matéria orgânica (COT, NT, C/N, ^{13}C e ^{15}N) no sedimento das enseadas da Baía da Ilha Grande a fim de caracterizar a origem e composição da matéria orgânica.
- Determinar a concentração de fósforo total, orgânico e inorgânico no sedimento das enseadas da Baía da Ilha Grande buscando o entendimento de possível influência antrópica.
- Determinar a concentração de metais no sedimento das enseadas da Baía da Ilha Grande em função das variáveis sedimentares orgânicas e inorgânicas e de sua distribuição espacial.

3 - ÁREA DE ESTUDO

3.1 - GERAL

A Baía da Ilha Grande localiza-se no litoral sul do estado do Rio de Janeiro (cerca de 150 km de distância da cidade do Rio de Janeiro) entre os meridianos 44° W e $44^{\circ} 40'$ W e entre as latitudes 23° S e $23^{\circ}40'$ S. Possui uma área total de 1747 km^2 , cerca de 350 km de perímetro na linha d'água (CREED *et al.*, 2007) e as principais cidades desta região são Angra dos Reis, Parati e Mangaratiba (Figura 1). Esta baía é marcada pelo grande número de ilhas, destacando-se a Ilha Grande com 193 km^2 de área, sendo a maior ilha do litoral do sul do Estado do Rio de Janeiro (www.drm.rj.gov.br/projetos).

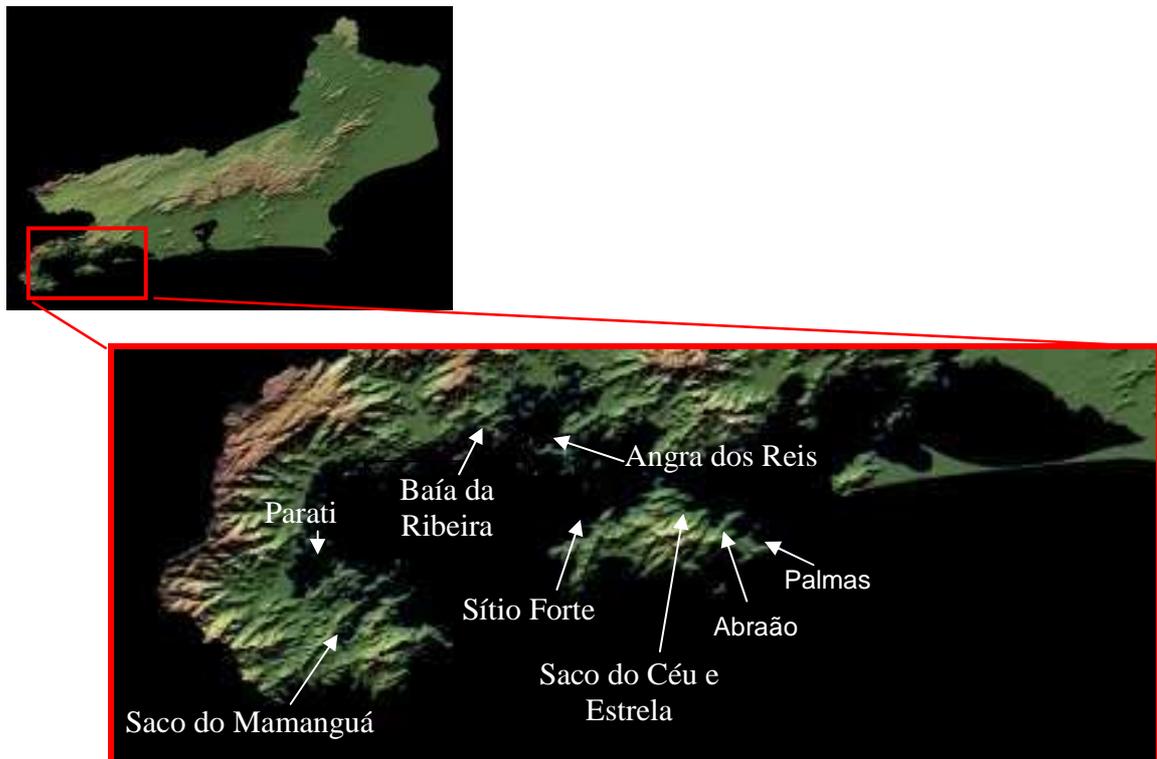


Figura 1 - Mapa da região da Baía da Ilha Grande, com indicação das enseadas estudadas.

Mahiques (1987) dividiu a Baía da Ilha Grande em três corpos distintos: a área leste, localizada a leste da ilha até a entrada da Baía de Sepetiba; a área oeste, correspondendo as enseadas a oeste da ilha; e o canal central (depressão estreita, alongada e profunda) localizado entre a ilha e o continente.

Na região do canal central da baía é observada uma geomorfologia heterogênea, que determina a ocorrência de diferentes padrões sedimentares de fundo (BETO *et al.*, 2002). Dias *et al.* (1990) apresentaram o primeiro mapa batimétrico da Baía da Ilha Grande onde foram observadas feições notáveis da morfologia submarina como canais fluviais submersos e uma depressão costeira entre a Ilha Grande e o continente (canal central) com profundidade média de 55m; este mesmo trabalho mostrou que as maiores profundidades estão do lado oeste do canal central (20 a 30 m) enquanto no lado leste as profundidades são menores (variam de 10 a 25m).

O presente trabalho foi realizado em 9 enseadas da Baía da Ilha Grande descritas na Tabela 4, bem como o número de pontos de coleta em cada região (total de 135 pontos de amostragem). As coordenadas geográficas dos pontos de coleta foram obtidas com o auxílio de um GPS portátil Garmim V e estão apresentadas no Anexo 1.

Tabela 4- Localidades e número de pontos de coleta.

LOCALIDADE	NÚMERO DE PONTOS
Enseada de Palmas	13
Enseada do Abraão	10
Enseada da Estrela	11
Enseada do Saco do Céu	07
Enseada do Sítio Forte	23
Saco do Mamanguá	22
Parati	08
Baía da Ribeira	23
Angra dos Reis	17
TOTAL	134

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

As Enseadas de Palmas, do Abraão, da Estrela, do Saco do Céu e do Sítio Forte localizam-se na área abrigada da Ilha Grande (região da ilha voltada para o continente), sendo que a Enseada do Sítio Forte localiza-se na porção oeste da baía e as demais enseadas acima citadas localizam-se na porção leste.

A Ilha Grande apresenta um relevo montanhoso fortemente dissecado com a ocorrência de morros, pontões e escarpas mas registra-se também a ocorrência de

planícies, terraços fluviais e fluvio-marinhos; os pontos culminantes são a Pedra D'água (1035m), Pico do Papagaio (985m) e Pico do Ferreira (740m). Possui 106 praias e os principais riachos são os de Araçatiba, das Estrelas e do Abraão (www.drm.rj.gov.br/projetos). A vegetação principal da ilha é Mata Atlântica, predominando na área a floresta ombrófila densa (das terras baixas, submontanas e montanas) e, em menor proporção, as áreas de formação pioneiras de influências marinha (restinga) e fluvio-marinha (mangue).

Na Enseada do Abraão observa-se a maior concentração populacional da ilha e também é a “porta de entrada” dos turistas, abrigando a única estação hidroviária da Ilha Grande, de onde saem diariamente as barcas para as cidades de Angra do Reis e Mangaratiba. Nesta enseada concentra-se o maior número de estabelecimentos comerciais, como pousadas e restaurantes, que atraem turistas durante todo ano. Na região não há estações de tratamento de esgoto e todo efluente gerado é tratado em fossas sépticas ou lançado diretamente no mar.

A Enseada de Palmas localiza-se a leste da enseada do Abraão, voltada para o canal central da baía. É uma região bem preservada pois possui apenas duas áreas de camping e os turistas concentram-se na Praia do Pouso onde as embarcações costumam atracar próximo ao acesso por trilha para famosa Praia de Lopes Mendes (localizada no lado oceânico da ilha).

As Enseadas da Estrela e Saco do Céu atraem grande número de turistas pela beleza das praias e também pela proximidade da Enseada do Abraão (lado noroeste). A Enseada do Saco do Céu é uma área bem abrigada onde existem dois restaurantes de médio porte o que gera um grande tráfego de embarcações nesta região.

A Enseada do Sítio Forte é voltada para o lado oeste do canal central, é uma região bem preservada pois é relativamente pouco explorada pelos turistas e abriga apenas três famílias que possuem um pequeno estabelecimento comercial (restaurante) que só funciona nos finais de semana e durante a temporada de verão.

O município de Angra dos Reis é a maior cidade pertencente à Baía da Ilha Grande, com aproximadamente 95.000 habitantes; a população da região aumenta muito no período de verão devido ao crescimento do turismo na área que atrai muitos

visitantes criando um novo perfil para o município (SIDENSTRICKER, 1993). Abriga grande número de indústrias de diferentes setores, além de uma extensa área portuária.

A Baía da Ribeira localiza-se no município de Angra dos Reis, na região nordeste da Baía da Ilha Grande e engloba as enseadas do Bracuí e Ariró. Possui área de 172 km², com profundidades média e máxima de 7 e 21 m respectivamente (CARDOSO *et al.*, 2001). Os principais rios são Bracuí, Ariró e Jurumirim, que descem da Serra do Mar até atingir o baixo curso, tornando-se mais calmos nas planícies em direção ao mar (CASTRO e ROCHA, 1984).

O município de Parati é a segunda maior cidade localizada na Baía da Ilha Grande com cerca de 30.000 habitantes. A população aumenta significativamente no período de verão, da mesma forma que a quantidade de efluentes domésticos lançados no mar já que o município não possui central de tratamento de esgoto. Não há indústrias no local, a economia da cidade baseia-se no atendimento aos turistas.

A Enseada do Saco do Mamanguá localiza-se próximo à cidade de Parati e é caracterizada como um sistema estuarino lagunar vertical e longitudinalmente bem misturado, de baixa circulação de águas e sedimentação lamosa (BERNARDES, 1996). Apresenta pequena rede de drenagem, um sistema de manguezal ao fundo e pequenas praias ao longo de suas margens; possui largura média de 1,5 km e 8 km de extensão. É considerada uma área livre de contaminação por ação antrópica.

3.2 - CLIMA

O clima predominante nesta região litorânea é o clima tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 22,5 °C, sendo fevereiro o mês mais quente, com média de 25,7 °C e julho o mês mais frio, com média de 19,6 °C (www.drm.rj.gov.br/projetos). É caracterizado pela ausência de uma estação seca pronunciada devido principalmente à proximidade da Serra do Mar (REIS, 1988) e a presença marcante da floresta tropical na serra (SEMA, 1997). A umidade relativa do ar tem como média mensal uma variação entre 80 e 95 %.

As chuvas concentram-se, principalmente, de dezembro a março; a pluviosidade é bastante elevada (média anual de 1500 a 2000 mm) e esta é a área com maior índice pluviométrico do Estado do Rio de Janeiro.

Os ventos predominantes na região são Sul, Sudeste, Sudoeste, Leste, Nordeste e Noroeste, com velocidades médias de 2 a 6 m/s; o mês de maio (período de realização da coleta das amostras deste trabalho) é considerado o mês de maior calmaria na baía devido ao abrigo dos ventos Leste pela topografia da região. O vento sudoeste é o mais frequente na Ilha Grande, principalmente na costa sudeste.

3.3 - HIDROLOGIA

A Baía da Ilha Grande é um sistema estuarino parcialmente misturado que se conecta com o oceano nas suas extremidades leste e oeste (SIGNORINI, 1980 a,b).

Segundo Ikeda & Stevenson (1980) a circulação de águas na Baía da Ilha Grande é predominantemente no sentido horário, as correntes de fundo possuem velocidade média de 6,1 cm/s, passam pelo canal central com 16,1 cm/s e saem para o oceano pela extremidade leste com 5,7 cm/s de velocidade; estas correntes são geradas pela diferença de densidade resultado da mistura de águas marinhas e continentais. No canal central as correntes podem atingir 60 cm/s e são induzidas principalmente por ondas de plataforma (ALVES, 2003). A circulação interna de água nas enseadas ocorre através de correntes geradas pelos ventos, o que causa ressuspensão de material de fundo e transferência de material para o exterior das enseadas (LIMA, 1985).

3.4 - GEOLOGIA

A região da Baía da Ilha Grande situa-se nos domínios da Serra dos Órgãos de idade proterozóica superior constituída de rochas de natureza sintectônica e pós-tectônica (SEMA, 1997). As rochas sintectônicas são formadas num processo geológico contemporâneo a orogênese, que é o processo pelo qual originam-se metamorfismo e intensa estruturação rochosa, associado a limites convergentes ou transcorrentes de

placas litosféricas; a formação de montanhas pode ou deve constituir-se em evento pós-orogênico. Já as rochas pós-tectônicas são formadas após o término da deformação (www.geotrack.com.br).

Os gnaisses facoidais (grupo de rochas metamórficas caracterizada pela presença de minerais ou agregados minerais de forma lenticular ou arredondada, caracterizada pela presença de feldspato, quartzo e mica) da face sintectônica encontram-se bem expostos na Ilha Grande; já a unidade pós-tectônica distribui-se sob a forma de corpos isolados em Parati e Mangaratiba. O predomínio é de gnaisses com ocorrência de migmatitos, charnokitos, granulitos, granulodioritos e granitos. O grande número de falhas geológicas que normalmente ocorre no sentido transversal a vertente cria uma variabilidade muito grande de materiais de origem, fato que possui relação intrínseca com as modificações espaciais nas propriedades físicas do solo (SEMA, 1997).

O mapa geológico da região da Baía da Ilha Grande e da Serra da Bocaina está apresentado na Figura 2. A Ilha Grande está inserida nos mesmos eventos que deram origem à Serra do Mar, da Mantiqueira, aos Maciços Litorâneos e ao Graben da Guanabara. É formada por um corpo central de rochas graníticas de idade Cambro-ordovicianas (513 ± 5 Ma), nas porções leste e oeste por rocha ígnea da suíte charnokítica, com idades neoproterozóicas (551 ± 5 Ma), um pequeno afloramento ao norte da ilha formado por rochas metamórficas (gnaiesses) de idades neoproterozóicas (entre 790 e 630 Ma) e sedimentos fluviais e marinhos recentes no seu entorno. Ocorrem ainda alguns diques de diabásio e falhas com direção preferencial NE-SW (www.drm.rj.gov.br/projetos). A suíte charnokítica é constituída por rochas contendo, principalmente, feldspatos, biotita hiperstênio e quartzo (FERNANDES, 2000). A rocha granítica que aflora na porção central da Ilha Grande, intrudindo a suíte charnokítica, consiste basicamente em biotita e feldspato (EIRADO *et al.*, 2006).

Na porção continental da Baía da Ilha Grande, a região de Angra dos Reis apresenta características semelhantes ao afloramento de gnaisses observado no norte da Ilha Grande, bem como o Saco do Mamanguá e a parte mais abrigada da Baía da Ribeira. Já na parte mais externa da Baía da Ribeira é observado corpos de granitos que afloram (idade de 482 ± 6 Ma) formados principalmente de biotita granito. A área de

Parati é denominada “Complexo Plutônico Parati” e apresenta como rocha predominante a titanita-biotita gnaisse. (EIRADO *et al.*, 2006).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

A campanha de coleta das amostras utilizadas na realização deste trabalho ocorreu no mês de maio do ano de 2007 com o auxílio de 2 embarcações de médio porte e uma equipe de 10 pessoas. Para o procedimento de coleta do sedimento superficial foi utilizado uma draga do tipo Eckman de aço inoxidável com aproximadamente 0,04 m² de área (Figura 3). As amostras foram coletadas respeitando-se a integridade física da camada entre 0 a 2 cm de profundidade. Imediatamente após a coleta, o sedimento foi acondicionado em potes plásticos de 200 mL previamente descontaminados, os quais foram lacrados e devidamente identificados. Esses potes foram conservados em caixas térmicas com gelo para posterior conservação em freezer.

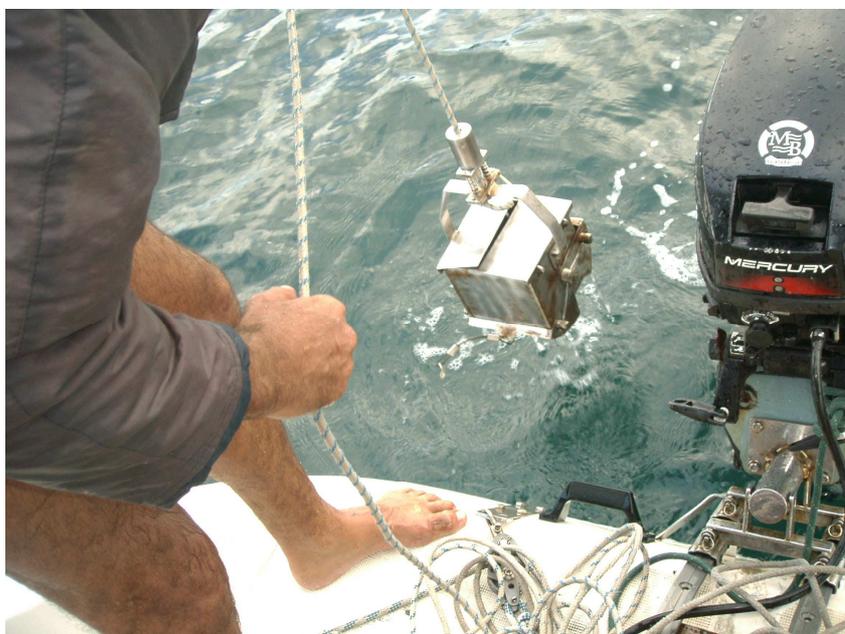


Figura 3 - Foto do lançamento da Draga de Eckman utilizada para coleta de sedimento superficial.

4.2 - ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Durante o procedimento de coleta foram realizadas as seguintes medidas de parâmetros físico-químicos na água: oxigênio dissolvido (mg/L e %), condutividade, temperatura, salinidade e pH; no sedimento mediu-se o pH e Eh. Para isso, utilizou-se uma ecossonda Yellow Spring 57. As medidas em questão são usadas no presente trabalho para caracterização das diferenças dos ambientes estudados.

4.2.1 - Determinação de densidade aparente e teor de água do sedimento

A densidade aparente das amostras de sedimento foi estimada através da secagem em estufa do sedimento úmido a 50°C. Após 48 h e processo de esfriamento em dessecador por 40 minutos, as amostras foram pesadas novamente. As amostras voltaram para a estufa e este procedimento foi repetido até peso constante (máximo de 72 horas). A densidade aparente foi determinada através da razão entre o valor da massa seca obtida e o volume do recipiente utilizado (10 cm³) como descrito em Cordeiro (1996). O teor de água nas amostras foi estimado pela comparação entre o peso úmido e o peso seco obtido após processo de secagem conforme procedimento descrito por Hakanson & Jansson (1983).

4.2.2 - Análise da composição mineralógica

As análises da composição mineralógica foram realizadas na fração total do sedimento permitindo determinar a proporção dos diferentes constituintes minerais por espectrometria de infravermelho com transformada de Fourier; a análise foi realizada no ponto central de cada enseada, como descrito na Tabela 5. Esta técnica é baseada na absorção de radiação eletromagnética na região do infravermelho, sendo a absorbância medida proporcional à concentração dos constituintes (BEARTAUX *et al.*, 1998).

Tabela 5 - Indicação dos pontos de realização da análise mineralógica em cada enseada.

ENSEADA	PONTO
Abraão	ABR 06
Angra dos Reis	ANG 07
Baía da Ribeira	BR 01
Saco de Céu	CEU 06
Estrela	EST 07
Saco do Mamangá	MAM 11
Palmas	PALM 10
Parati	PAR 04
Sítio Forte	SF 08

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

As amostras foram secas, maceradas, pesadas e misturadas com KBr, numa proporção de 0,25% e prensadas com 8 toneladas de pressão para formar as pastilhas. Estas pastilhas foram analisadas no espectrômetro infravermelho Perkin Elmer, modelo SPECTRUM 1000 CSI-L118-M100 (Figura 4) com varredura espectral entre os números de onda de 4000 a 400 cm^{-1} . Cerca de 50 espectros padrões de minerais encontram-se armazenados e disponíveis para quantificação dos minerais contidos nas amostras analisadas. A quantificação mineral foi feita através da decomposição linear dos picos de absorção de radiação infravermelha relativos aos minerais encontrados. O limite de detecção para os minerais nos sedimentos é de 0,1-1%.



Figura 4 - Foto da prensa (esquerda) e do espectrômetro infravermelho modelo SPECTRUM 1000 CSI-L118-M100

4.2.3 - Análise da composição granulométrica

Para a determinação da composição granulométrica das amostras de sedimentos utilizou-se cerca de 2g de amostra úmida em tubos de centrífuga. Foi realizado um pré-tratamento das amostras com peróxido de hidrogênio em abundância a quente (80°C) para eliminar a matéria orgânica, até não ser mais observado a evolução de gás. Em seguida realizou-se lavagem das amostras com água destilada para eliminar resíduos de peróxido de hidrogênio. Adicionou-se 30mL de uma solução de pirofosfato de sódio 40g/L (agente dispersante) em cada tubo e agitou-se a mistura por 24 h. A quantificação das frações granulométricas, entre 0,04 a 500µm de diâmetro, foi realizada em um analisador por difração de laser, modelo Cilas 1064 (Figura 5), que apresenta 100 frações entre as faixas citadas, utilizando previamente 10 minutos de sonicação para dispersão da amostra.

Os resultados obtidos foram analisados pelo programa de análise granulométrica GRADISTAT 1.0 através das equações propostas por Folk & Ward (1957). Os dados serão apresentados nas classes de tamanho de areia (> 63 µm), silte (entre 2 µm e 63 µm) e argila (< 2 µm).



Figura 5 - Foto do analisador de partículas a laser, modelo Cilas 1064

4.2.4 - Determinação do teor de carbonato, carbono orgânico total, nitrogênio total e isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$

Para identificação e caracterização do material biogênico foram determinadas as concentrações elementares de carbono e nitrogênio, bem como o conteúdo dos isótopos estáveis $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. Foi realizado a descarbonatação da amostra (eliminação de carbono inorgânico) com 10 mL de HCl 1 M em aproximadamente 0,5 g de amostra e posterior lavagem com água destilada; entre 20 e 70 mg de amostra seca, descarbonatada e macerada foram embaladas em cápsula de estanho e enviadas para análise.

Os sedimentos descarbonatados foram analisados em sua composição elementar (carbono e nitrogênio) e isotópica (^{13}C e ^{15}N) utilizando um analisador elementar PDZ Europa ANCA-GSL com interface para um espectrômetro de massa de razão isotópica PDZ Europa 20-20 (Sercon Ltda., Cheshire, UK), na UC Davis Stable Isotope Facility, California, USA. As amostras foram queimadas a 1020°C em um reator com óxido de cromo e de cobalto. Após a combustão, os óxidos foram removidos usando um reator redutor (cobre reduzido a 650°C) e carreador hélio que flui através de uma armadilha de perclorato de magnésio e uma armadilha opcional de CO_2 (apenas para a análise de N). Nitrogênio e CO_2 são separados em uma coluna "Carbosieve GC" (65°C, 65 mL/min) antes de entrar no espectrômetro de massa de razão isotópica (IRMS). Dois padrões de laboratório foram analisados a cada 12 amostras. Além dos padrões de laboratório foram utilizadas amostras de referência certificadas NIST 1547 e NIST 1577b, além de acetanilida, celulose, glicina, sucrose, e sulfato de amônio.

Além das análises elementares, foram também determinadas as razões isotópicas $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$, utilizando-se um espectrômetro de massa acoplado ao analisador elementar (C&N), também na Universidade da Califórnia (UC Davies Stable Isotope Facility). O valor de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ foi obtido através da relação de concentração entre os isótopos estáveis de Carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), e Nitrogênio ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), onde:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{amostra}} = \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{amostra}} - \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{referência}} / \left(\frac{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}}{^{13}\text{C}/^{12}\text{C}} \right)_{\text{referência}} \times 1000$$

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{amostra}} = \left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}} \right)_{\text{amostra}} - \left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}} \right)_{\text{referência}} / \left(\frac{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}}{^{15}\text{N}/^{14}\text{N}} \right)_{\text{referência}} \times 1000$$

O valor de delta é a diferença entre o valor das amostras e outras consideradas como padrão que são largamente e naturalmente distribuído na natureza com valor de delta = zero (e.g. N do ar com $\%^{15}\text{N} = 0,366$; Pee Dee Belemnite para C, com $\%^{13}\text{C} = 1,11$). A referência para $\delta^{13}\text{C}$, é o Chicago PDB Marine Carbonate Standard, obtido a partir do fóssil marinho cretáceo, *Belemnitella americana*, ocorrente na formação PeeDee na Carolina do Sul, América do Norte. Este material tem uma alta relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Por convenção este assina um $\delta^{13}\text{C}$ de zero trazendo todas as ocorrências naturais para valores negativos de delta. A referência para $\delta^{15}\text{N}$ é o nitrogênio atmosférico. A razão absoluta (R) é medida para a amostra e também para o padrão e a medida relativa do delta é calculada.

O percentual de carbonato foi calculado pela diferença do peso da amostra antes e depois da retirada deste carbono inorgânico com ácido clorídrico 1 M.

4.2.5 - Determinação de fósforo total, inorgânico e orgânico

A extração de fósforo inorgânico e total foi realizada de acordo com Aspila *et al.* (1976). Todo o material utilizado durante as análises foi previamente descontaminado com ácido nítrico (diluído a 30%) e enxágüe com água destilada.

Para a realização deste método, foi separado 0,4 g de sedimento seco e macerado em tubo de centrífuga. Na análise de fósforo total é necessária a prévia calcinação da amostra por 2 h a 450 °C. Posteriormente, foram adicionados 10 mL de HCl 1M e os tubos permaneceram por 16 horas em mesa agitadora para melhor extração do fósforo contido nas amostras. Os extratos obtidos foram imediatamente analisados.

As concentrações de fósforo foram medidas por espectrofotometria (GRASSHOFF *et al.*, 1983). O fósforo orgânico foi calculado por diferença entre a concentração de fósforo total e fósforo inorgânico.

A precisão e exatidão das análises foram testadas através da amostra certificada "NIST" (Nacional Institute of Standards and Technology, Estuarine Sediment - 1646a), que sofreu o mesmo tratamento de extração do fósforo total e determinações espectrofotométricas.

4.2.6 - Determinação da concentração de metais

Para determinação da concentração de metais foi realizado a extração ácida de metais das amostras utilizando o método EPA 3051 em forno de microondas MARS CEM (Figura 6). Este método consiste em uma rápida lixiviação ácida multi-elementar utilizando radiação microondas para a extração dos elementos da amostra. Ocorre a extração apenas dos elementos que estão presentes nas fases mais móveis do sedimento (adsorvido à matéria orgânica, ligado a oxi-hidróxido de ferro e manganês, na forma de carbonato e na forma de óxidos) e nas fases imóveis (na forma de sulfeto e pirita), preservando os elementos-traço presentes na matriz geológica. A determinação da concentração total de metais não é adequada para avaliar o impacto ambiental por metais nos sedimentos (CHOI *et al.*, 2006); desta forma, a aplicação deste método mostra-se mais adequada.



Figura 6 - Foto do forno de microondas MARS CEM.

O método consiste em pesar 0,5g da amostra seca e macerada em um tubo de Teflon, adicionar 10ml de HNO₃ concentrado e fazer a extração utilizando um programa de temperatura conforme descrito no método da EPA (USEPA, 1994). Após a extração dos elementos-traço da amostra a solução resultante foi centrifugada e o

sobrenadante foi avolumado para 25 mL com água ultrapura e os metais (Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Ti, V e Zn) foram determinados por espectrometria de emissão ótica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP OES) utilizando equipamento da marca Jobin Yvon, modelo Ultima 2. Vale ressaltar que os elementos Al, Ti, Fe e Mn são litogênicos e serão utilizados para auxiliar na compreensão dos processos deposicionais que envolvem os metais de interesse ambiental (Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn).

Para avaliarmos a exatidão e precisão do método de extração descrito acima, utilizamos o mesmo procedimento para a análise do material certificado “NIST” (Nacional Institute of Standards and Technology - Industrial Sludge 2782). Os resultados obtidos com a análise do material de referência certificado, bem como a exatidão, precisão e limites de detecção estão mostrados na Tabela 6. Estes resultados mostraram uma boa precisão (CV de 0,29 a 1,05 %) e exatidão (recuperação de 80,3 a 99,9%).

A determinação da concentração volumétrica dos metais é obtida pelo produto da concentração medida do elemento de interesse pela densidade aparente do sedimento, segundo a fórmula:

$CV = D_{Ap} \times [C]$ onde:

CV = concentração volumétrica ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$),

D_{Ap} = densidade aparente (g/cm^3),

[C] = concentração ($\mu\text{g}/\text{g}$)

Tabela 6 - Resultados obtidos na análise do material certificado NIST (Industrial Sludge 2782), limite de detecção, exatidão e precisão das determinações dos metais ($\mu\text{g/g}$) \pm desvio padrão.

	Ba	Mn	Ni	Pb	Zn
Limite de detecção	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02
Valores certificados	152 \pm 11	258 \pm 15	95,9 \pm 4,7	554 \pm 36	1167 \pm 57
Valores determinados	122 \pm 1	234 \pm 1	95 \pm 0,5	530 \pm 2	1167 \pm 3
CV (%)	1,05	0,60	0,29	0,37	0,29
Recuperação (%)	80,3	90,7	98,7	95,7	99,9

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

4.3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para a realização da estatística descritiva (médias, desvios padrões, coeficiente de variação e valores mínimos e máximos) dos dados obtidos neste estudo foi utilizado o programa Microsoft Excel.

Para identificar possíveis associações dos metais com a composição dos sedimentos (granulometria, COT, compostos de Fe e Mn) e possíveis associações entre eles dentro das enseadas, foi realizado teste estatístico de correlação de Pearson, utilizando o programa Statistica 7.0. Para comparação dos dados entre as enseadas foram utilizados gráficos do tipo Box Plot (Box and Wiskers) também utilizando o programa Statistica 7.0.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados, de uma forma geral, serão apresentados iniciando-se pela Enseada de Palmas e seguindo em sentido horário pelas enseadas da Ilha Grande e as enseadas da parte continental da baía. Desta forma, será facilitada a observação das diferenças entre os setores leste e oeste da Ilha Grande (MAHIQUES, 1987), a área do Saco do Mamangá e Parati e a região da Baía da Ribeira e Angra dos Reis.

5.1 - PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA ÁGUA SUPERFICIAL E NO SEDIMENTO

Os resultados das medidas de parâmetros físico-químicos na água superficial (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH) e no sedimento (pH e Eh) estão apresentados no Anexo 2. A Tabela 7 mostra a estatística descritiva de todas as enseadas porque, de uma forma geral, foi observado uma pequena variação desses parâmetros dentro das enseadas e também entre os compartimentos analisados (CV < 10 %, exceto para Eh sedimento).

Tabela 7 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) dos parâmetros físico-químicos da água e do sedimento superficial da Baía da Ilha Grande.

	TEMP. (°C)	SALIN. (‰)	OD (mg/L)	OD (%)	pH ÁGUA	pH SED	Eh SED (mV)
Média	24,5	34,4	6,51	94,5	8,0	7,3	-152,61
Mediana	24,4	34,4	6,49	93,8	8,2	7,2	-150
DesvPad	0,84	0,37	0,54	8,09	0,35	0,31	41,38
CV (%)	3,4	1,1	8,3	8,6	4,4	4,3	27,1
Mínimo	23,4	33,1	4,60	67,5	6,8	6,1	-289
Máximo	26,7	35	8,33	117,2	8,4	8,0	-10

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A temperatura e salinidade da água permaneceram praticamente constantes, variando entre 23,4 °C e 26,7 °C e 33,1 ‰ e 35 ‰, respectivamente, em todas as enseadas; estes valores estão um pouco abaixo da faixa de variação observada para regiões de baixas latitudes do Oceano Atlântico, onde a temperatura varia de 26°C a 30°C e a salinidade média é de 37 (SOARES-GOMES & FIGUEIREDO, 2002). Esta

diferença observada pode ser atribuída às características estuarinas das enseadas da Baía da Ilha Grande, que apresentam grande malha fluvial desaguardando na região, contribuindo com a mistura de água doce com a água oceânica, o que reduz levemente os valores de temperatura e salinidade da água do mar na localidade. Os resultados deste trabalho corroboram os resultados descritos em www.drm.rj.gov.br/projetos que mostrou que a temperatura média da água varia entre 18 °C e 24 °C nas enseadas da Ilha Grande.

A água superficial da Baía da Ilha Grande apresentou níveis de oxigênio dissolvido (entre 4,60 e 8,33 mg/L ou 67,5 e 117,2 %) próximos ao valor médio de concentração de oxigênio dissolvido para águas marinhas a 20 °C e salinidade de 35 (condições semelhantes às observadas na área de estudo) que é de 5,4 mg/L (SOARES-GOMES & FIGUEIREDO, 2002).

A presença de CO₂ e dos íons sódio, potássio e cálcio tendem a tornar a água do mar levemente básica com valores de pH entre 7,5 e 8,4 (SOARES-GOMES & FIGUEIREDO, 2002). O pH da água superficial da Baía da Ilha Grande medido neste estudo variou entre 6,8 e 8,4 com média de 8,0.

Os sedimentos superficiais da Baía da Ilha Grande apresentaram pH entre 6,1 e 8,0 e Eh entre -289 e -10 mV, o que confere características redutoras ao sedimento.

5.2 - ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO SEDIMENTO

Os resultados da análise da composição mineralógica do sedimento superficial estão apresentados na Tabela 8. Vale ressaltar que as análises foram realizadas no ponto central de cada enseada.

A biotita (mica preta) é o tipo mais abundante de mica, caracterizada por folhas do tetraedro SiO₄⁴⁻ e razão Si:O de 2:5 (MADUREIRA F^o *et al.*, 2003); a presença deste mineral primário pode ser observada a olho nu no sedimento superficial de todas as enseadas estudadas na Baía da Ilha Grande. Isto pode ser considerado característica marcante do sedimento superficial desta região. Este resultado corrobora com os resultados descritos por Bidone *et al.* (1993) onde foi reportado que a biotita apresenta-se em altas proporções na Baía da Ribeira.

Tabela 8 - Resultado da análise da composição mineralógica do sedimento, em %.

Amostras\Padrões	Biotita	Albita	Quartzo	Esmectita	Ilita	Caulinita	Aragonita	Calcita	Sílica*
PALM	6	18	17	7	11	15	9	11	6
ABR	6	19	2	11	13	25	7	16	1
EST	6	25	5	6	11	17	10	17	3
CEU	6	17	7	7	15	26	10	10	2
SF	8	18	12	6	12	20	11	10	3
MAM	5	13	3	18	12	23	11	12	3
PAR	5	12	5	14	14	22	10	11	7
BR	9	19	6	11	11	17	8	16	3
ANG	7	15	2	13	18	25	7	12	1

* Sílica amorfa

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

Como esperado, as enseadas da Ilha Grande (Abraão, Saco de Céu, Estrela, Palmas e Sítio Forte) apresentaram maior teor de minerais primários (biotita, albita e quartzo) comparados às enseadas de Parati e Mamanguá, já que os gnaisses facoidais caracterizados pela presença desses minerais encontram-se mais bem expostos na Ilha Grande (SEMA, 1997).

Os maiores valores de quartzo foram encontrados na enseada de Palmas (17 %) seguido da enseada de Sítio Forte (12 %); este resultado observado é atribuído ao maior teor de areia encontrado nesses pontos (76,1 % em PALM 10 e 42,8 % em SF 08) em comparação às demais enseadas (de 0,0 a 5,2 %).

Os argilominerais esmectita, ilita e caulinita formam uma representativa porção da constituição mineralógica dos sedimentos analisados, variando de 33 % na enseada de Palmas a 56 % em Angra do Reis. A caulinita foi, de uma forma geral, o principal mineral constituinte dos sedimentos analisados; este aluminossilicato é reportado como o principal silicato proveniente dos processos de alteração das rochas em regiões de clima tropical (BIDONE *et al.*, 1993).

Quartzo, feldspatos, micas e argilominerais são característicos de material de origem terrestre enquanto os minerais carbonáticos são indicadores de material de origem marinha (GIANNINI, 2003). Os resultados observados nos sedimentos superficiais da Baía da Ilha Grande indicam uma maior contribuição de material

sedimentar terrígeno na composição mineralógica comparado aos minerais de origem marinha.

Considerando que os argilominerais apresentam uma capacidade de troca catiônica superior ao quartzo, a diferença observada nas enseadas estudadas tem grande importância na adsorção dos metais. Neste sentido devemos entender que as mudanças de entrada destes minerais no sistema podem controlar as entradas de metais de interesse ambiental no compartimento sedimentar devido à predominância como constituinte mineral e também à alta capacidade de troca catiônica.

5.3 - NORMALIZAÇÃO DOS DADOS DE METAIS

Um dos principais fatores que influencia os processos de transporte e acumulação de contaminantes nos sedimentos é a energia hidrodinâmica do local; diferentes frações granulométricas dos sedimentos possuem características físicas distintas, tais como área superficial e capacidade de troca iônica. Ambientes com alta energia hidrodinâmica apresentam sedimento de granulometria grosseira (alto teor de areia) com baixa capacidade de adsorção de metais e menor taxa de deposição de partículas comparado a ambientes com baixa energia hidrodinâmica, que possuem alta taxa de sedimentação de partículas finas (silte e argila) com alta capacidade de adsorção de contaminantes. Como consequência, a concentração de contaminantes geralmente é maior em áreas com alto teor de argila (KERSTEN & SMEDES, 2002). Desta forma, torna-se necessário, na maioria dos casos, a normalização dos valores de concentrações de metais obtidas nas análises realizadas, para permitir uma melhor comparação dos resultados em diferentes áreas (FUKUE *et al.*, 2006).

Os procedimentos utilizados para corrigir essa variação na concentração de metais em sedimentos com diferentes padrões granulométricos são as normalizações física ou química. Na normalização física (ou granulométrica), elimina-se o efeito do tamanho das partículas através da separação das frações granulométricas (KERSTEN & SMEDES, 2002).

A normalização geoquímica utiliza elementos conservativos (como exemplo, alumínio e titânio) ou substâncias que apresentem grande afinidade com os

contaminantes (como exemplo, matéria orgânica) para minimizar os efeitos das diferenças granulométricas em sedimentos de diferentes localidades nos processos de acumulação de metais (MOREIRA & BOAVENTURA, 2003; BAPTISTA-NETO *et al.*, 2000; DASKALAKIS & O'CONNOR, 1995;).

O elemento normalizador deve apresentar coeficiente de variação menor do que o metal a ser normalizado e boa correlação com os elementos a serem normalizados. Por isso, é necessária cautela na utilização de procedimentos de normalização para metais. A aplicação desses procedimentos inadequadamente pode distorcer os dados, criar correlações entre variáveis não correlacionadas antes da normalização ou acabar com as correlações reais existentes antes da normalização (WEIJDEN, 2002).

Neste trabalho, não serão aplicados métodos de normalização geoquímica, pois, de uma forma geral, os elementos conservativos utilizados nos procedimentos de normalização (alumínio e titânio) apresentaram coeficientes de variação maiores do que dos metais analisados; a Tabela 9 mostra os coeficientes de variação (CV) dos metais determinados nas diferentes enseadas, destacando em vermelho os metais que apresentaram CV maiores do que o alumínio e em negrito os que apresentaram CV maiores do que o titânio (onde se aplicaria adequadamente a normalização). Porém, esta normalização deve ser aplicada em todos os dados para efeitos de comparação. Além disso, testes foram realizados comparando os dados não normalizados com os dados normalizados comprovando a distorção dos dados após a normalização com os elementos conservativos alumínio e titânio. Desta forma, conclui-se que os procedimentos de normalização não são adequados aos dados de concentração de metais obtidos neste estudo.

Tabela 9 - Valores do coeficiente de variação (CV) em % dos metais analisados nas diferentes estações amostrais, destacado em vermelho os metais que apresentaram CV maior que o alumínio e em negrito os que apresentaram CV maior que o titânio.

	PALM	ABR	EST	CEU	SF	MAM	PAR	BR	ANG
Al	104,0	24,3	18,0	54,0	41,3	12,5	11,9	33,9	68,0
Ti	202,0	43,1	31,3	74,8	65,4	13,2	23,6	74,4	62,0
Ba	76,3	18,5	7,29	49,7	45,3	11,0	34,4	35,7	54,0
Cd	87,6	24,9	18,7	45,6	53,0	6,47	13,6	29,5	86,3
Cr	80,8	26,8	22,9	50,9	38,3	8,12	14,1	26,6	56,8
Cu	85,3	23,9	17,7	45,0	35,9	7,07	15,0	27,2	65,2
Ni	161,0	89,8	48,0	52,8	137	17,4	16,0	36,5	77,9
Pb	82,6	26,6	16,1	46,8	38,7	11,7	18,4	27,1	67,2
V	125,0	27,0	20,4	53,6	46,7	9,26	18,9	32,8	72,1
Zn	69,0	22,2	14,9	44,5	33,5	6,56	12,2	22,9	148,0

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.4 - Enseada de Palmas

Um resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada de Palmas está apresentado na Tabela 10, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 10 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Palmas, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	45,7	0,814	23,5	12,4	46,5	41,1
Mediana	42,0	0,867	21,0	7,5	50,1	26,7
DesvPad	18,2	0,383	15,0	14,1	29,0	34,0
CV (%)	39,8	47,1	63,7	113,4	62,4	82,7
Mínimo	19,3	0,362	7,3	2,5	8,6	0,4
Máximo	68,9	1,375	54,9	47,7	86,6	88,9

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT(%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
Media	356	271	85	1,20	0,14	-22,53	5,80	8,1
Mediana	378	270	52	1,18	0,14	-22,45	5,92	8,3
DesvPad	180	133	69	0,83	0,10	0,56	0,74	0,7
CV (%)	50,4	49,2	81,5	68,9	66,2	-2,47	12,7	9,2
Minimo	62	50	11	0,23	0,03	-23,33	4,09	6,7
Máximo	570	443	200	2,41	0,29	-21,06	7,14	9,3

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	1,43	438	0,67	131	17,6	0,56	21,4	3,21	4,33	6,94	13,5	37,2
Mediana	1,20	102	0,70	138	15,6	0,65	24,6	2,90	3,79	4,92	11,9	38,9
DesvPad	1,49	884	0,56	125	13,4	0,49	17,3	2,74	6,95	5,73	16,8	25,7
CV (%)	104	202	83,6	95,6	76,3	87,6	80,8	85,3	161	82,6	125	69,0
Minimo	0,21	34,9	0,08	20	3,18	0,03	2,68	0,46	0,005	1,21	0,01	5,5
Máximo	5,86	3006	2,13	505	55,0	1,84	63,2	10,5	24,34	22,5	62,9	88,2

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A Figura 7 mostra a localização das estações amostrais na Enseada de Palmas.

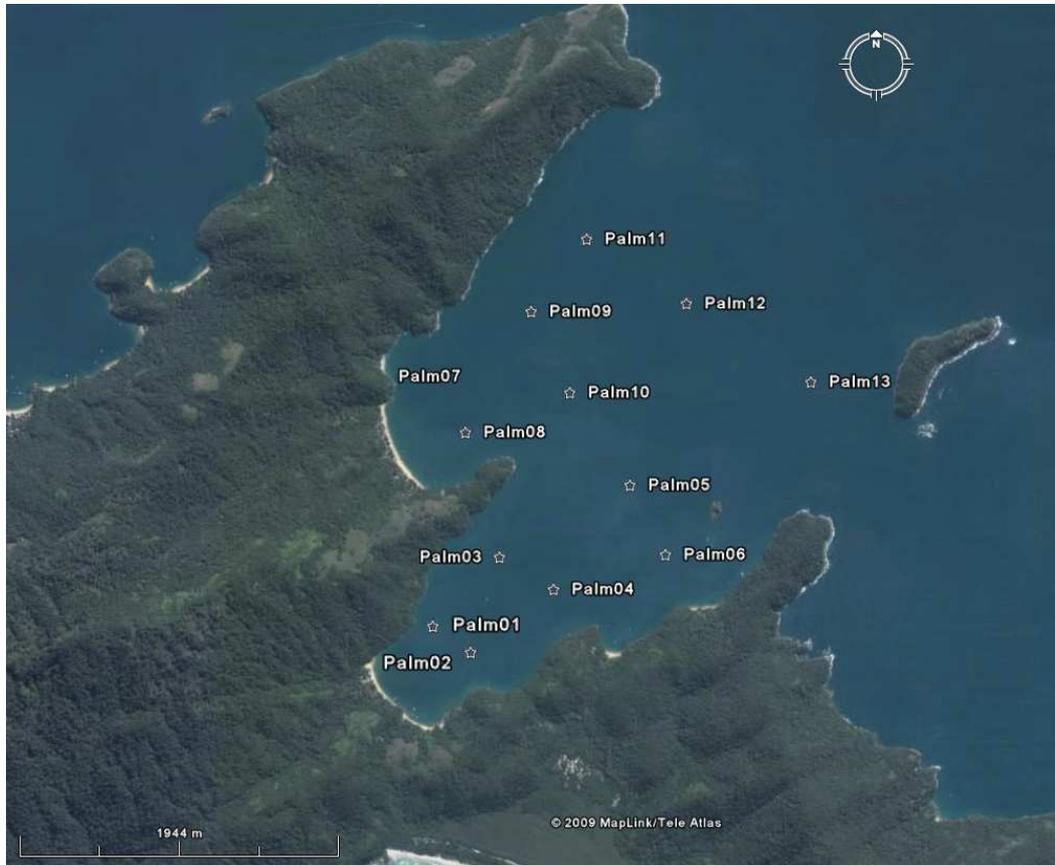


Figura 7 - Mapa de localização das estações amostrais na Enseada de Palmas.

As análises granulométricas mostraram uma separação espacial nesta enseada. Os pontos PALM 01 a PALM 04 são os pontos mais abrigados da enseada com menor circulação de águas e por isso apresentaram granulometria fina, constituídos basicamente de silte e argila (entre 93,1 e 99,6 %) e com baixo teor de areia (entre 0,4 e 6,9 %); estes pontos possuem baixa densidade aparente (entre 0,390 e 0,503 g/cm³) e alto teor de água (entre 59,6 e 66,8 %) exceto o ponto PALM 02 que, devido ao grande número de conchas grandes encontradas, apresentou um alto valor de densidade aparente (0,867 g/cm³) e baixo teor de água (42,0 %) mesmo com alto percentual de finos (99,6 %) e baixo percentual de areia (0,4 %). A presença de conchas neste ponto explica o alto valor de carbonato encontrado (46,3 %).

Já os pontos PALM 07 a PALM 13 apresentaram um perfil granulométrico diferente dos pontos acima citados, com maior percentual de areia no sedimento (entre 21,9 e 81,9 %) e menos contribuição de silte e argila (entre 11,1 e 78,1 %). Conseqüentemente o sedimento desses pontos possuem alta densidade aparente (entre 0,533 e 1,319 g/cm³) e baixo teor de água (entre 19,3 e 57,5 %).

Os pontos PALM 05 e PALM 06 foram considerados de transição entre a área mais abrigada da enseada (PALM 01 a PALM 04) e a área da enseada mais exposta ao canal central da baía (PALM 07 a PALM 13); o sedimento nesses 2 pontos apresentou granulometria com resultado intermediário entre as 2 áreas da enseada citadas, com 77,5 % de silte e argila e 22,5 % de areia para PALM 05 e 78,1 % de silte e argila e 21,9 % de areia para PALM 06 .

O resultado das análises de fósforo indicou uma maior contribuição de fósforo inorgânico nesta enseada, o que sugere a ausência de contaminação por esgoto doméstico visto que os valores de fósforo orgânico observados foram baixos (entre 11 e 200 µg/g).

As concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total variaram entre 0,23 e 2,41 % para COT e 0,03 e 0,29 % para NT mostrando-se maiores nos pontos de granulometria mais fina (PALM 01 a PALM 06), corroborando com Meyers (1997) onde é descrito que sedimentos finos apresentam maior teor de COT. Os valores da razão C/N variaram entre 6,7 e 9,3 indicando que a produtividade nesta enseada é regida pela produção autóctone, ou seja, fitoplanctônica já que valores da razão C/N entre 4 e 10 indicam que a matéria orgânica tem origem na produtividade algal (MEYERS, 1994). Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ (entre -23,33 e -21,06 ‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (entre 4,09 e 7,14 ‰) corroboram com os resultados da razão C/N indicando uma predominância fitoplanctônica na produtividade desta enseada. Este fato pode ser atribuído à ausência de grandes rios desembocando nesta enseada e conseqüentemente uma menor influência de material terrígeno na dinâmica sedimentar deste local.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 11. O COT apresentou correlações significativas com a granulometria, sendo positiva com a fração de silte ($r = 0,70$) e negativa com a fração de areia ($r = -0,60$) indicando que há maiores teores de

matéria orgânica nas frações finas do sedimento. Os metais Cd, Cr, Cu e Zn apresentaram correlações positivas com a fração de silte ($0,57 \leq r \leq 0,69$) e todos os elementos, com exceção do Ni, apresentaram correlação negativa com a fração de areia ($-0,71 \leq r \leq -0,56$) conforme descrito por Seelinger *et al.* (1988) onde frações mais grosseiras do sedimento apresentam menor capacidade de adsorção de metais comparadas as frações mais finas.

Os mesmos elementos que apresentaram correlações positivas com a fração de silte (Cd, Cr, Cu e Zn) apresentaram também correlações positivas com o COT confirmando que, provavelmente, estes elementos possuem associação com a fração siltosa do sedimento que mostra maiores teores de matéria orgânica associada.

Todos os elementos analisados apresentaram correlações positivas com o Al ($0,90 \leq r \leq 0,99$), com o Ti ($0,58 \leq r \leq 0,81$), com o Fe ($0,95 \leq r \leq 1,00$) e com o Mn ($0,88 \leq r \leq 0,99$). Estes resultados sugerem que a deposição destes metais nesta enseada deve estar relacionada a processos geoquímicos semelhantes, tais como aumento da deposição de argilominerais e entrada de óxido e hidróxidos de ferro e manganês. Vale ressaltar que todos os elementos de interesse ambiental analisados apresentaram correlações positivas entre si ($0,87 \leq r \leq 0,99$), reforçando a hipótese de que estes metais são regidos por processos geoquímicos semelhantes nesta enseada e sugerindo que estes metais podem apresentar uma mesma fontes para o ambiente.

Tabela 11 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada de Palmas, n = 13 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,14	1,00														
% areia	-0,54	-0,91	1,00													
% COT	-0,01	0,70	-0,60	1,00												
Al	0,45	0,49	-0,61	0,44	1,00											
Ti	0,47	0,35	-0,49	0,12	0,80	1,00										
Fe	0,36	0,60	-0,66	0,60	0,98	0,74	1,00									
Mn	0,48	0,48	-0,60	0,42	0,99	0,84	0,97	1,00								
Ba	0,41	0,52	-0,62	0,49	0,98	0,76	0,98	0,98	1,00							
Cd	0,36	0,60	-0,66	0,60	0,97	0,76	1,00	0,97	0,98	1,00						
Cr	0,35	0,66	-0,71	0,65	0,93	0,80	0,97	0,94	0,93	0,98	1,00					
Cu	0,38	0,57	-0,65	0,58	0,98	0,72	1,00	0,97	0,98	0,99	0,96	1,00				
Ni	0,41	0,44	-0,54	0,42	0,97	0,71	0,95	0,95	0,95	0,93	0,87	0,96	1,00			
Pb	0,32	0,50	-0,56	0,50	0,97	0,68	0,97	0,95	0,97	0,96	0,90	0,98	0,97	1,00		
V	0,41	0,48	-0,58	0,43	0,99	0,81	0,98	0,99	0,99	0,98	0,93	0,98	0,96	0,97	1,00	
Zn	0,26	0,69	-0,70	0,78	0,90	0,58	0,96	0,88	0,91	0,96	0,94	0,96	0,87	0,93	0,89	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.5 - Enseada do Abraão

A Tabela 12 mostra o resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada do Abraão, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 12 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada do Abraão, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Média	69,5	0,364	26,0	16,5	79,9	3,9
Mediana	73,4	0,297	24,5	16,5	83,5	0,0
DesvPad	11,7	0,211	10,3	7,5	9,0	11,6
CV (%)	16,9	57,9	39,6	45,4	11,2	295,3
Mínimo	36,5	0,270	12,1	4,9	60,1	0,0
Máximo	75,0	0,959	52,1	33,5	86,6	35,0

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT(%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
Média	578	359	219	2,88	0,30	-23,31	5,65	9,9
Mediana	572	369	192	3,13	0,32	-23,14	5,76	9,7
DesvPad	113	65	109	0,74	0,08	1,16	0,58	1,2
CV (%)	19,7	18,3	50,1	25,6	26,7	-4,96	10,3	12,0
Mínimo	406	222	22	0,92	0,08	-25,60	4,20	8,3
Máximo	856	464	392	3,53	0,35	-21,43	6,23	12,2

(c)

	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Média	2,19	137	1,12	151	31,1	0,893	32,0	5,31	6,45	16,0	20,0	74,2
Mediana	2,37	107	1,22	161	30,5	0,974	35,0	5,79	5,66	16,6	22,3	80,8
DesvPad	0,53	59,2	0,26	38,1	5,76	0,223	8,58	1,27	5,79	4,25	5,40	16,5
CV (%)	24,3	43,1	23,5	25,2	18,5	24,96	26,8	23,9	89,8	26,6	27,0	22,2
Mínimo	1,06	75,6	0,51	59,3	22,3	0,360	10,9	2,47	0,005	8,21	9,61	38,6
Máximo	2,80	254	1,31	188	41,8	1,046	38,8	6,51	14,7	21,4	26,5	88,1

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A Figura 8 mostra a localização das estações amostrais da Enseada do Abraão.



Figura 8 - Mapa da localização das estações amostrais da Enseada de Abraão.

Na Enseada do Abraão foi observada uma homogeneidade no resultado das análises granulométricas; a enseada apresenta sedimento fino, constituído de silte e argila (entre 95,8 e 100 %) e consequentemente este sedimento apresenta baixa densidade aparente (entre 0,270 e 0,367 g/cm³) e alto teor de água (entre 68,5 e 75 %). Apenas o ponto ABR 04 apresentou alta percentagem de areia (35 %) quando comparado aos demais pontos desta enseada (entre 0 e 4,2 %); neste ponto foi observado a maior densidade aparente (0,959 g/cm³) e o menor teor de água no sedimento (36,5 %). Estes resultados podem ser atribuídos às peculiaridades deste ponto que apresentou menor profundidade de coluna d'água (5,7 metros) dentro de toda a enseada (profundidade média de 9,5 metros, com máximo de 12 metros nos

pontos ABR 06 e ABR 09) e também é o ponto mais próximo de uma pequena ilha que se localiza em frente a saída do rio Abraão sugerindo que neste ponto o hidrodinamismo seja maior e seja observado maior contribuição do sistema florestal de entorno.

No ponto ABR 05 havia muitas conchas em pequenos fragmentos o que justifica o alto valor de carbonato encontrado (52,1 %). Neste ponto foi observado um alto valor de fósforo total (856 µg/g) quando comparado aos demais pontos (entre 403 e 591 µg/g); este valor é atribuído ao alto valor de fósforo orgânico encontrado neste ponto (392 µg/g) o que pode indicar entrada de nutrientes oriundos do sistema florestal do entorno e/ou contaminação por esgoto doméstico próximo a esse ponto de amostragem. Estas hipóteses são sustentadas pois este ponto é próximo a parte mais íngreme do costão rochoso nesta enseada onde são observadas residências de grande porte que provavelmente lançam seus esgotos sanitários diretamente no mar, já que não há estações de tratamento de esgoto na área e a topografia do local não favorece a utilização de fossas sépticas.

Os menores valores de COT e NT foram observados no ponto ABR 04. Os valores da razão C/N variaram entre 8,3 e 12,2 o que indica uma mistura de fontes de matéria orgânica (algal e terrestre) com predominância de produção autóctone; o maior valor observado de razão C/N nesta enseada foi no ponto ABR 04. Estes resultados observados neste ponto da Enseada do Abraão corroboram com os resultados descritos por Meyers (1997) onde sedimentos grosseiros (arenosos) apresentam menor porcentagem de carbono orgânico total e maiores valores para razão C/N.

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ também indicam mistura de aporte de matéria orgânica alóctone e autóctone (entre -25,60 ‰ e -21,43 ‰); já os resultados de $\delta^{15}\text{N}$ (entre 4,2 ‰ e 6,23 ‰) reforçam a hipótese da predominância fitoplanctônica na produtividade desta enseada. Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ no ponto ABR 04 também indicam que esse ponto recebe maior contribuição da matéria orgânica alóctone pois foi observado os menores valores de $\delta^{13}\text{C}$ (-25,6 ‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (4,20 ‰) e maior razão C/N (12,2) sugerindo que a matéria orgânica neste ponto recebe influência de plantas C3.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 13. Em relação às

correlações significativas encontradas envolvendo a granulometria, vale ressaltar que o COT apresentou correlação negativa com a fração de areia ($r = -0,91$) e correlação positiva com a fração de silte ($r = 0,84$); este resultado concorda com Thompson and Eglinton (1978) *apud* Meyers (2003) onde é descrito que o teor de COT aumenta de acordo com a diminuição dos tamanhos dos grãos do sedimento, ou seja, há maior concentração de COT em sedimentos com alto teor de silte comparados a sedimentos com alto teor de areia. Os elementos Cd, Cr, Cu e Zn apresentaram alta correlação positiva com o silte ($0,93 \leq r \leq 0,97$) e correlação negativa com a areia ($-0,86 \leq r \leq -0,73$) indicando que esses metais podem estar associados à fração fina do sedimento; já o Pb e o V apresentaram correlação positiva apenas com a fração de silte ($r = 0,79$ e $0,91$, respectivamente) e o Ni não apresentou correlação com a granulometria.

A matéria orgânica (COT) apresentou correlação positiva com os metais Cd, Cr, Cu, V e Zn ($0,75 \leq r \leq 0,88$) indicando que estes metais podem estar associados a compostos orgânicos no sedimento.

As correlações entre os elementos litogênicos (Al, Ti, Fe e Mn) e os metais de interesse ambiental mostram que esses metais analisados, com exceção do Ni, apresentaram correlação positiva com Al ($0,77 \leq r \leq 0,99$), com o Fe ($0,76 \leq r \leq 1,00$) e também com o Mn - exceto para o Pb ($0,70 \leq r \leq 0,96$) indicando que esses metais podem estar associados aos argilominerais e a óxidos e hidróxidos de ferro e manganês. Estas correlações com Fe e Mn são esperadas, pois metais traço são comumente associados aos compostos de Fe e Mn em sedimentos (FÖRSTNER & SALOMONS, 1984).

As correlações positivas observadas entre os metais analisados indicam que a distribuição destes metais pode ser afetada por fatores semelhantes dentro desta enseada, como por exemplo, mesmas fontes destes metais para o meio, processos biogeoquímicos semelhantes ou até mesmo distúrbios físicos (eventos erosivos, enxurradas) ocorridos na região.

Tabela 13 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Abraão, n = 10 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	-0,08	1,00														
% areia	-0,58	-0,76	1,00													
% COT	0,34	0,84	-0,91	1,00												
Al	-0,07	0,91	-0,70	0,79	1,00											
Ti	-0,60	-0,47	0,77	-0,55	-0,25	1,00										
Fe	-0,01	0,97	-0,79	0,86	0,96	-0,43	1,00									
Mn	0,21	0,87	-0,84	0,86	0,82	-0,65	0,91	1,00								
Ba	-0,64	0,29	0,18	0,12	0,44	0,68	0,29	-0,05	1,00							
Cd	0,04	0,97	-0,82	0,88	0,96	-0,47	1,00	0,92	0,24	1,00						
Cr	0,16	0,93	-0,86	0,85	0,89	-0,63	0,96	0,96	0,05	0,97	1,00					
Cu	-0,06	0,96	-0,75	0,85	0,98	-0,34	0,99	0,87	0,38	0,99	0,93	1,00				
Ni	0,07	0,48	-0,44	0,28	0,40	-0,68	0,51	0,70	-0,47	0,53	0,66	0,43	1,00			
Pb	-0,41	0,79	-0,38	0,62	0,77	0,09	0,76	0,49	0,72	0,73	0,56	0,81	-0,02	1,00		
V	-0,18	0,91	-0,63	0,75	0,99	-0,16	0,94	0,77	0,55	0,93	0,84	0,97	0,32	0,83	1,00	
Zn	-0,10	0,97	-0,73	0,85	0,95	-0,34	0,99	0,87	0,37	0,98	0,91	0,99	0,43	0,83	0,94	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.6 - Enseada da Estrela

O resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada da Estrela estão apresentados na Tabela 14, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 14 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada da Estrela, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração absoluta de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	70,5	0,364	23,7	11,9	75,8	12,3
Mediana	75,5	0,271	24,6	13,1	84,4	0,9
DesvPad	12,4	0,240	3,7	6,1	19,8	23,4
CV (%)	17,5	65,9	15,7	51,3	26,2	189,2
Minimo	39,8	0,231	13,4	3,9	20,7	0,0
Máximo	78,4	1,013	27,3	23,8	86,0	75,4

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT(%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
Media	706	453	253	3,43	0,34	-24,63	5,51	10,1
Mediana	733	448	266	3,35	0,36	-23,29	5,76	9,8
DesvPad	96	63	77	0,66	0,07	2,79	0,81	1,6
CV (%)	13,6	13,9	30,6	19,3	19,2	-11,3	14,7	15,6
Minimo	520	354	124	2,09	0,15	-31,06	3,69	8,8
Máximo	812	573	365	4,35	0,39	-22,31	6,35	13,8

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	1,83	91,5	1,21	174,0	18,7	0,941	34,4	5,09	11,6	16,4	18,9	77,4
Mediana	1,84	82,9	1,23	180,9	18,7	1,002	36,5	5,29	11,9	17,2	20,2	78,0
DesvPad	0,33	28,6	0,24	43,1	1,37	0,176	7,89	0,90	5,56	2,65	3,85	11,6
CV (%)	18,0	31,3	19,7	24,8	7,29	18,7	22,9	17,7	48,0	16,1	20,4	14,9
Minimo	1,04	67,1	0,59	70,3	15,9	0,450	13,8	2,66	0,005	9,08	8,83	46,8
Máximo	2,32	161	1,44	228,2	20,9	1,08	42,6	5,86	18,7	19,1	22,4	89,1

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A localização das estações amostrais da Enseada da Estrela, bem como da Enseada do Saco do Céu, está apresentada na Figura 9.



Figura 9 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada da Estrela e Saco do Céu.

Os resultados das análises granulométricas no sedimento superficial da Enseada da Estrela mostraram que esta enseada apresenta, de uma forma geral, sedimento com granulometria fina constituído basicamente de silte e argila (entre 91,7 e 100 %) e, como consequência, com baixa densidade aparente (entre 2,31 e 3,05 g/cm³) e alto teor de água (entre 73,1 e 78,4 %) com exceção dos pontos EST 02 e EST 09 que apresentaram maiores teores de areia (35,7 e 75,4 %, respectivamente) comparados aos demais pontos da enseada (entre 0,0 e 8,3 %); a diferença na composição granulométrica observada nestes pontos pode ser atribuída à posição geográfica dos

mesmos, já que o ponto EST 02 encontra-se no canal de ligação entre a Enseada do Saco do Céu e a Enseada da Estrela e o ponto EST 09 é o ponto mais externo da Enseada da Estrela, mais próximo ao canal central, o que pode gerar um maior hidrodinamismo nestas áreas refletindo diferenças no teor de silte/argila e areia nestes pontos; o ponto EST 09 apresentou a maior profundidade de coluna d'água desta enseada (17 metros, com média da enseada de 11 metros) reforçando a hipótese de influência da circulação do canal central neste ponto.

Os resultados das análises de fósforo indicaram influência de fósforo orgânico nesta enseada provavelmente oriundo do sistema florestal de entorno visto que não há lançamento de esgoto doméstico nesta área.

O ponto EST 02 apresentou os menores valores tanto de COT quanto de NT provavelmente devido ao maior teor de areia observado neste ponto; já o ponto EST 09, que também apresentou alto teor de areia, apresentou valores de COT e NT comparáveis aos demais pontos com características granulométricas distintas (predominância de silte e argila).

Os valores da razão entre o conteúdo de carbono e nitrogênio orgânicos indicaram que os pontos mais próximos da ilha (EST 01 a EST 04 e EST 06) apresentam uma mistura de matéria orgânica de origem autóctone e alóctone, com valores desta razão C/N variando entre 10,1 e 13,8; os demais pontos apresentaram valores de C/N entre 8,8 e 9,8, indicando que produtividade algal rege a deposição de matéria orgânica na parte mais exposta desta enseada. Os resultados da análise isotópica de carbono e nitrogênio corroboram com os resultados da razão C/N onde é reportado uma maior influência de material terrígeno nos pontos mais próximos à costa; estes pontos apresentaram valores mais negativos para $\delta^{13}\text{C}$ (entre -31,06 e -24,35 ‰) comparados aos demais pontos (entre -23,29 e -22,31 ‰) e também menores valores de $\delta^{15}\text{N}$ (entre 3,69 e 5,66 ‰, demais pontos com valores acima de 6 ‰).

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e os parâmetros geoquímicos dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 15. Nesta enseada não foram observadas correlações significativas entre a composição granulométrica do sedimento, o teor de COT e os metais analisados o que sugere que o teor de partículas finas e o teor de matéria orgânica não exercem influência direta na deposição dos

elementos de interesse ambiental analisados neste compartimento da Baía da Ilha Grande. As exceções são o teor de argila com Al ($r= 0,70$), Cr e Cu ($r= 0,62$ para ambos) e também COT com Ba ($r= 0,63$) mas essas correlações positivas observadas não explicam a dinâmica deposicional dos metais nesta enseada.

A correlação entre os elementos litogênicos (Al, Ti, Fe e Mn) e os metais de interesse ambiental mostra que esses metais analisados, com exceção do bário, apresentaram correlações positivas com o Al ($0,65 \leq r \leq 0,96$), com o Fe ($0,81 \leq r \leq 0,97$) e com o Mn ($0,67 \leq r \leq 0,98$) e correlações negativas com o Ti ($-0,92 \leq r \leq -0,77$) indicando que a deposição desses metais pode estar relacionada a processos geoquímicos semelhantes, tais como aumento da deposição de argilominerais e entrada de óxido e hidróxidos de ferro e manganês.

Todos os elementos de interesse ambiental analisados, exceto o Ba, apresentaram correlações positivas entre si ($0,72 \leq r \leq 0,99$) o que sugere que a distribuição destes metais é afetada por fatores semelhantes dentro desta enseada, como por exemplo, mesmas fontes destes metais para o meio e/ou processos biogeoquímicos semelhantes.

Tabela 15 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada da Estrela, n = 11 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,48	1,00														
% areia	-0,67	-0,97	1,00													
% COT	-0,05	0,31	-0,25	1,00												
Al	0,70	0,12	-0,29	0,33	1,00											
Ti	-0,50	-0,02	0,15	-0,15	-0,82	1,00										
Fe	0,54	0,16	-0,28	0,42	0,94	-0,87	1,00									
Mn	0,62	-0,01	-0,16	0,17	0,92	-0,91	0,92	1,00								
Ba	0,54	0,47	-0,54	0,63	0,67	-0,35	0,56	0,51	1,00							
Cd	0,56	0,17	-0,29	0,51	0,90	-0,86	0,96	0,90	0,58	1,00						
Cr	0,62	0,07	-0,22	0,31	0,96	-0,92	0,96	0,98	0,60	0,94	1,00					
Cu	0,62	0,15	-0,29	0,40	0,91	-0,90	0,94	0,93	0,57	0,99	0,96	1,00				
Ni	0,16	-0,03	-0,02	0,36	0,65	-0,77	0,81	0,67	0,18	0,77	0,72	0,73	1,00			
Pb	0,42	0,17	-0,25	0,52	0,83	-0,82	0,95	0,88	0,54	0,94	0,90	0,91	0,77	1,00		
V	0,50	0,02	-0,15	0,47	0,89	-0,83	0,91	0,90	0,56	0,95	0,91	0,93	0,78	0,91	1,00	
Zn	0,57	0,04	-0,18	0,37	0,96	-0,89	0,97	0,97	0,59	0,96	0,99	0,96	0,75	0,93	0,95	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.7 - Enseada de Saco do Céu

A Tabela 16 mostra o resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada de Saco de Céu, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e os demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 16 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Saco do Céu, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	60,8	0,507	21,6	11,8	74,0	14,2
Mediana	67,5	0,351	25,3	9,3	81,0	5,2
DesvPad	17,1	0,365	7,2	5,0	21,9	24,7
CV (%)	28,1	71,9	33,5	42,7	29,6	174,1
Mínimo	24,3	0,298	10,2	5,9	25,2	0,2
Máximo	72,0	1,304	27,0	18,7	88,9	68,9

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C/N
Media	684	411	272	3,12	0,30	-24,07	5,32	10,4
Mediana	800	482	313	3,27	0,32	-23,66	5,59	10,2
DesvPad	262	158	111	0,67	0,07	1,21	0,60	1,1
CV (%)	38,4	38,5	40,8	21,5	24,4	-5,01	11,3	10,2
Mínimo	142	95	46	2,19	0,17	-26,69	4,04	9,6
Máximo	861	545	391	3,90	0,37	-23,22	5,82	12,7

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	2,31	203	1,61	138	28,0	1,16	33,6	6,32	19,6	17,3	28,3	85,6
Mediana	2,32	151	1,49	154	27,9	1,19	38,1	6,40	21,2	16,9	29,4	92,4
DesvPad	1,24	152	0,80	69,5	13,9	0,528	17,1	2,84	10,4	8,08	15,2	38,1
CV (%)	54	74,8	49,6	50,3	49,7	45,6	50,9	45,0	52,8	46,8	53,6	44,5
Mínimo	0,17	48,7	0,17	13,1	3,46	0,102	5,32	0,73	5,79	2,48	2,66	9,36
Máximo	4,14	499	2,80	216	48,9	1,83	52,7	10,1	31,4	28,7	52,3	130

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A localização das estações amostrais da Enseada do Saco do Céu está apresentada na Figura 9.

As análises granulométricas indicaram que o sedimento dos pontos mais abrigados desta enseada, próximos a costa (CEU 02 e CEU 03) apresentaram granulometria fina constituído basicamente de silte e argila (99,8 e 97,8 %) com baixa densidade aparente (0,298 e 0,351 g/cm³) e alto teor de água (72 e 67,5 %). Os pontos CEU 01 e CEU 06 apresentaram maiores teores de areia, sendo que no ponto CEU 06 esta contribuição mostra-se mais significativa, chegando a 68,9 % de areia no sedimento enquanto em CEU 01 foi observado 15,9 % de areia; como consequência estes pontos apresentaram alta densidade aparente (CEU 01 = 0,587 g/cm³ e CEU 06 = 1,304 g/cm³) e baixo teor de água (54,6 e 24,3 %). Este fato pode ser atribuído a posição geográfica destes pontos, localizados na saída de um rio que provoca o transporte de partículas mais grosseiras e provoca o assoreamento desta área; a profundidade destes pontos corroboram com essa hipótese pois estes pontos apresentaram menores profundidades sendo 4 metros em CEU 01 e apenas 2 metros em CEU 06. Além disso, acredita-se que no centro desta enseada (ao longo dos pontos CEU 01 e CEU 06, principalmente) seja o canal de ligação da Enseada do Saco do Céu com a Enseada da Estrela onde a água circula com maior velocidade carreando partículas finas e depositando as partículas maiores.

Os pontos CEU 05, CEU 07 e CEU 08 localizam-se em uma área abrigada da enseada, na parte mais funda deste compartimento (média de 11,7 metros) e apresentaram sedimento com granulometria fina, com alto teor de silte e argila (entre 93,3 e 99,7 %), baixa densidade aparente (entre 0,316 e 0,371 g/cm³) e elevado teor de água (entre 66,2 e 70,6 %).

As análises de fósforo mostraram maiores teores de fósforo orgânico nos pontos mais próximos à costa (CEU 02, 03, 05, 07 E 08) o que indica uma contribuição da vegetação da floresta de entorno visto que nesta enseada não são observadas residências e os dois restaurantes que atuam nesta região possuem sistema de fossa séptica o que elimina o lançamento de esgoto sanitário *in natura* para o ambiente. Os pontos CEU 01 e CEU 06 mostraram os menores valores de fósforo inorgânico e orgânico; os baixos valores de fósforo observados nestes pontos eram esperados pois

estes pontos apresentaram menores teores de argila/silte no sedimento e, como descrito por Berner & Berner (1996), o fósforo em solução se adsorve fortemente às partículas de argilas, em particular, às argilas com caulinita, mineral encontrado em altas proporções nesta enseada (26 % da constituição mineral).

As concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total mostraram-se menores nos pontos de granulometria mais grosseira (CEU 01 e CEU 06), corroborando com Meyers (1997) onde é descrito que sedimentos finos apresentam maior teor de COT. Os valores da razão C/N variaram entre 9,6 e 12,7 indicando uma mistura de fontes autóctone e alóctone de matéria orgânica com tendência de predominância fitoplanctônica na produtividade desta enseada.

Os resultados dos isótopos de ^{13}C e ^{15}N reforçam a hipótese de que a produtividade nesta enseada é regida pela produção fitoplanctônica com menor influência de plantas vasculares; os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -26,69 e -23,22 ‰ e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre 4,04 e 5,82 ‰.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 17. O teor de carbono orgânico total não apresentou correlações significativas com a granulometria e com os metais analisados indicando que a matéria orgânica exerça fraca influência na dinâmica sedimentar desta enseada. Todos os metais analisados, com exceção do níquel, apresentaram correlações positivas com a fração de silte ($0,79 \leq r \leq 0,93$) e correlações negativas com a fração de areia ($-0,92 \leq r \leq -0,75$); este resultado já era esperado já que frações mais finas do sedimento apresentam maior capacidade de adsorver metais quando comparadas as frações grosseiras (Seelinger *et al.*, 1988).

Todos os elementos analisados apresentaram correlações positivas com o Al ($0,87 \leq r \leq 0,99$), com o Fe ($0,83 \leq r \leq 0,99$) e com o Mn ($0,76 \leq r \leq 0,99$). Estes resultados sugerem que a deposição destes metais nesta enseada deve estar relacionada ao aumento da deposição de argilominerais e entrada de óxido e hidróxidos de ferro e manganês. Vale ressaltar que todos os elementos de interesse ambiental analisados apresentaram correlações positivas entre si ($0,70 \leq r \leq 1,00$), reforçando a hipótese de que estes metais são regidos por processos geoquímicos semelhantes

nesta enseada e sugerindo que estes metais podem apresentar uma mesma fontes para o ambiente.

Tabela 17 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Saco do Céu, n = 7 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,47	1,00														
% areia	-0,62	-0,98	1,00													
% COT	0,69	0,60	-0,67	1,00												
Al	0,38	0,83	-0,81	0,50	1,00											
Ti	-0,19	0,37	-0,29	-0,48	0,23	1,00										
Fe	0,29	0,85	-0,82	0,37	0,98	0,42	1,00									
Mn	0,45	0,86	-0,86	0,67	0,97	0,10	0,93	1,00								
Ba	0,23	0,80	-0,76	0,13	0,87	0,66	0,94	0,76	1,00							
Cd	0,39	0,93	-0,90	0,47	0,97	0,41	0,98	0,94	0,93	1,00						
Cr	0,46	0,81	-0,82	0,72	0,95	-0,02	0,89	0,99	0,69	0,90	1,00					
Cu	0,39	0,91	-0,89	0,43	0,97	0,43	0,99	0,93	0,94	1,00	0,88	1,00				
Ni	0,39	0,70	-0,70	0,66	0,91	-0,15	0,83	0,94	0,61	0,81	0,97	0,80	1,00			
Pb	0,35	0,88	-0,85	0,49	0,99	0,29	0,99	0,96	0,89	0,98	0,94	0,98	0,89	1,00		
V	0,25	0,79	-0,75	0,17	0,91	0,56	0,96	0,80	0,99	0,94	0,75	0,96	0,70	0,93	1,00	
Zn	0,45	0,93	-0,92	0,57	0,97	0,30	0,97	0,97	0,87	0,99	0,94	0,99	0,86	0,99	0,90	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.8 - Enseada do Sítio Forte

O resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada do Sítio Forte estão apresentados na Tabela 18, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 18 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada do Sítio Forte, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	56,9	0,582	21,3	11,5	70,1	18,4
Mediana	60,2	0,489	18,2	13,0	78,3	6,2
DesvPad	12,5	0,258	14,0	7,2	20,0	24,4
CV (%)	22,0	44,3	65,8	62,3	28,5	132,4
Minimo	31,1	0,321	6,5	0,0	9,4	0,0
Máximo	71,6	1,153	76,5	23,8	88,6	90,6

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT(%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
Media	682	473	208	1,68	0,19	-22,62	5,95	8,8
Mediana	714	455	231	1,83	0,21	-22,46	6,03	8,7
DesvPad	200	166	82	0,72	0,08	0,69	0,72	0,7
CV (%)	29,3	35,3	39	42,9	42,3	-3,06	12,1	8,1
Minimo	231	153	77	0,29	0,04	-24,81	4,22	7,6
Máximo	1096	995	319	2,98	0,30	-21,73	6,98	11,3

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	1,68	158	1,06	153	30,3	0,554	25,6	4,51	3,67	9,48	16,7	54,3
Mediana	1,70	142	1,12	150	29,6	0,469	26,1	4,58	0,006	9,93	18,3	56,0
DesvPad	0,69	103	0,39	64,5	13,7	0,294	9,81	1,62	5,012	3,67	7,82	18,2
CV (%)	41,3	65,4	36,9	42,1	45,3	53,0	38,3	35,9	137	38,7	46,7	33,5
Minimo	0,41	31,7	0,32	46,4	4,94	0,101	8,10	1,39	0,005	1,50	1,66	19,5
Máximo	2,73	408	1,85	308	54,7	1,132	43,6	7,37	15,3	16,3	32,8	79,5

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A Figura 10 mostra a localização das estações amostrais da Enseada do Sítio Forte.



Figura 10 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada do Sítio Forte.

As análises granulométricas mostraram que os pontos mais abrigados desta enseada (SF 02 e SF 20 a 26) apresentam granulometria fina, com baixos teores de areia (entre 0,1 e 6,2 %) quando comparados aos demais pontos desta enseada mais expostos ao canal central (entre 14,7 e 90,6 % de areia), bem como os pontos SF 07, 09, 10 e 16 (entre 0 e 1,1 %). Essas diferenças se mantiveram em relação à densidade aparente e teor de água; de uma forma geral, os pontos que apresentaram alto teor de areia possuem maiores valores de densidade aparente e menores teores de água comparados aos pontos com altos teores de silte e argila. Os valores de carbonato variaram entre 6,5 % (SF 18) e 76,5 % (SF 23), com média de 21,3 % nesta enseada.

As análises de fósforo indicaram altas concentrações de fósforo total em quase todos os pontos desta enseada impulsionados pelo fósforo inorgânico, exceto para os pontos SF 13 e 18 que apresentaram baixos valores de fósforo inorgânico (186 e 153 $\mu\text{g/g}$, respectivamente) comparados aos demais pontos desta enseada (entre 315 e 605 $\mu\text{g/g}$). Este resultado pode estar associado às características granulométricas destes pontos que apresentaram os maiores valores de porcentagem de areia na composição do sedimento e o fósforo inorgânico adsorve principalmente em partículas de argila. Vale destacar que o ponto SF 15 apresentou valor destoante de fósforo inorgânico (995 $\mu\text{g/g}$).

De uma maneira geral, os pontos com granulometria fina acima citados apresentaram maiores teores de COT (entre 1,62 e 2,98 %) e NT (entre 0,19 e 0,30 %) comparados aos pontos de granulometria mais grosseira (COT entre 0,29 e 1,54 % e NT entre 0,04 e 0,18 %). Este resultado era esperado pois foi reportado por Meyes (1997) que sedimentos grosseiros apresentam menores teores de carbono orgânico total comparados a sedimentos argilo-siltosos.

Os valores de razão C/N variaram entre 7,6 (SF 13) e 11,3 (SF 05), de $\delta^{13}\text{C}$ entre -24,81 ‰ (SF 05) e -21,73 ‰ (SF 10) e de $\delta^{15}\text{N}$ entre 4,22 ‰ (SF 18) e 6,98 ‰ (SF 08). Estes resultados sugerem que a matéria orgânica sedimentar nesta enseada tem origem autóctone e alóctone, com predominância de produtividade fitoplanctônica.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 19. Em relação às correlações significativas encontradas envolvendo a granulometria, vale ressaltar que o COT apresentou correlação negativa com a fração de areia ($r = -0,80$) e correlação positiva com a fração de silte ($r = 0,79$) e argila ($r = 0,52$) corroborando com os dados descritivos de matéria orgânica acima citados onde é reportado que os pontos com granulometria fina apresentaram maiores teores de COT e NT. Todos os elementos analisados, com exceção do Ti, Cd e Ni, apresentaram correlação positiva com o silte ($0,49 \leq r \leq 0,70$) e correlação negativa com a areia ($-0,68 \leq r \leq -0,49$), bem como apresentaram correlação positiva com o COT ($0,45 \leq r \leq 0,86$) indicando que esses metais podem estar associados à matéria orgânica da fração fina do sedimento.

A correlação entre os elementos litogênicos (Al, Ti, Fe e Mn) e os metais de interesse ambiental mostra que esses metais analisados, com exceção do Ni, apresentam correlação positiva com Al ($0,63 \leq r \leq 0,96$), com o Fe ($0,51 \leq r \leq 0,96$) e também com o Mn - exceto para o Ba ($0,59 \leq r \leq 0,86$) indicando que esses metais podem estar associados aos argilominerais e a óxidos e hidróxidos de ferro e manganês no sedimento.

As correlações positivas observadas entre os metais analisados (exceto Ba e Ni) podem indicar que a distribuição destes metais é afetada por fatores semelhantes dentro desta enseada, como por exemplo, mesmas fontes destes metais para o meio, processos biogeoquímicos semelhantes ou até mesmo distúrbios físicos (eventos erosivos, enxurradas) ocorridos na região.

Tabela 19 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Sítio Forte, n = 23 e p < 0,05..

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,50	1,00														
% areia	-0,71	-0,97	1,00													
% COT	0,52	0,79	-0,80	1,00												
Al	0,39	0,63	-0,63	0,83	1,00											
Ti	-0,08	0,36	-0,27	-0,09	0,08	1,00										
Fe	0,31	0,64	-0,62	0,79	0,90	0,22	1,00									
Mn	0,51	0,49	-0,55	0,65	0,74	-0,14	0,70	1,00								
Ba	0,17	0,59	-0,53	0,45	0,63	0,69	0,57	0,18	1,00							
Cd	0,27	0,36	-0,37	0,51	0,78	-0,04	0,51	0,60	0,51	1,00						
Cr	0,38	0,52	-0,54	0,78	0,94	-0,16	0,85	0,86	0,37	0,75	1,00					
Cu	0,34	0,67	-0,65	0,86	0,96	0,14	0,96	0,71	0,64	0,63	0,90	1,00				
Ni	0,09	0,15	-0,15	0,22	0,38	-0,20	0,12	0,47	0,14	0,79	0,45	0,23	1,00			
Pb	0,30	0,49	-0,49	0,72	0,94	-0,04	0,86	0,80	0,49	0,82	0,97	0,91	0,47	1,00		
V	0,30	0,69	-0,66	0,80	0,93	0,31	0,92	0,59	0,79	0,65	0,80	0,97	0,23	0,85	1,00	
Zn	0,35	0,70	-0,68	0,82	0,93	0,21	0,92	0,70	0,69	0,66	0,87	0,96	0,27	0,91	0,96	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.9 - Saco do Mamangá

A Tabela 20 mostra os resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada do Saco do Mamangá, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 20 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada do Saco do Mamangá, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	74,5	0,279	20,3	20,9	75,7	3,4
Mediana	74,7	0,280	20,1	20,6	79,1	0,0
DesvPad	1,4	0,018	1,6	5,3	12,8	16,1
CV (%)	1,9	6,5	7,8	25,2	16,9	466,4
Minimo	71,6	0,245	17,4	3,9	20,7	0,0
Máximo	77,0	0,312	25,0	29,4	83,8	75,4

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT (%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
Media	718	452	266	2,38	0,28	-21,99	6,73	8,4
Mediana	713	451	256	2,37	0,28	-21,94	6,78	8,3
DesvPad	33	40	35	0,13	0,02	0,25	0,25	0,3
CV (%)	4,6	9,1	13,2	5,7	6,8	-1,16	3,7	3,8
Minimo	642	400	199	2,12	0,25	-22,60	6,32	8,0
Máximo	797	545	324	2,63	0,32	-21,66	7,18	9,0

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	5,82	2490	2,10	281	60,4	1,74	61,7	9,75	26,0	17,8	65,9	88,6
Mediana	5,65	2475	2,08	280	59,9	1,75	61,7	9,82	26,6	17,9	66,1	88,8
DesvPad	0,72	328	0,26	32,2	6,68	0,113	5,01	0,690	4,51	2,07	6,11	5,81
CV (%)	12,5	13,2	12,7	11,4	11,0	6,47	8,12	7,07	17,4	11,7	9,26	6,56
Minimo	4,56	1937	1,50	191	47,2	1,38	47,0	7,74	15,3	13,0	49,4	70,5
Máximo	7,50	3128	2,95	338	71,6	1,95	70,0	10,9	32,5	22,0	78,4	97,4

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A Figura 11 mostra a localização das estações amostrais da Enseada do Saco do Mamanguá.

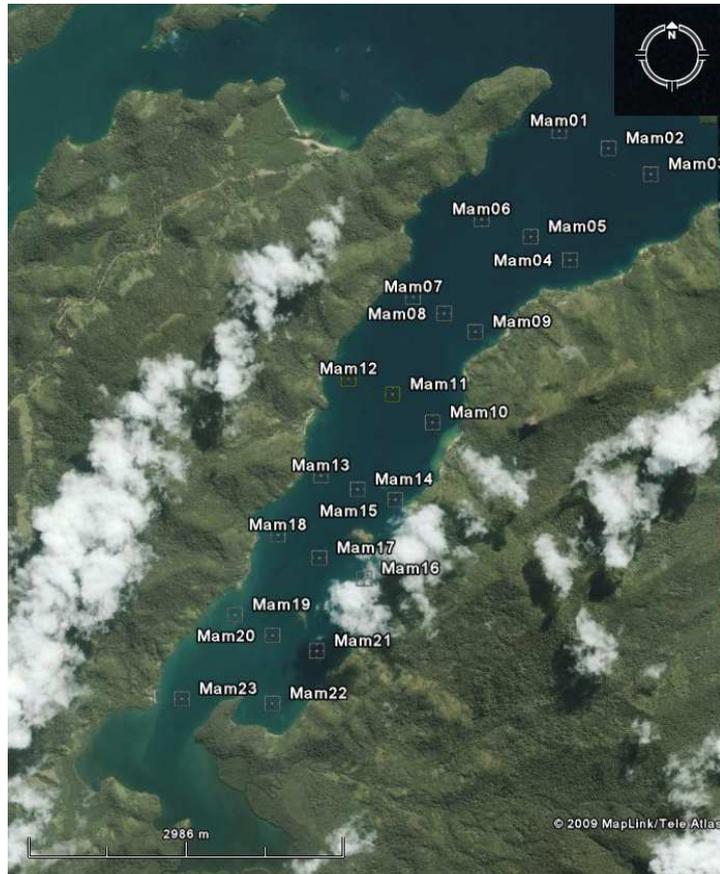


Figura 11 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada do Saco do Mamanguá.

As análises granulométricas nesta enseada indicaram que o sedimento superficial apresenta granulometria fina, constituído de silte e argila (entre 99,9 e 100 %) e, como consequência, com baixa densidade aparente (entre 2,45 e 3,12 g/cm³) e alto teor de água (entre 71,6 e 77,0 %) com exceção do ponto MAM 17 que apresentou maior teor de areia (20,7 %) comparado aos demais pontos; o teor de silte mostrou-se semelhante aos demais pontos (75,4 %, com média na enseada de 78,1 %), a diferença observada neste ponto foi no teor de argila que se mostrou inferior aos demais pontos (3,9 %, com média na enseada de 20,9%) provavelmente pelo maior hidrodinamismo

neste ponto já que localiza-se próximo a uma pequena ilha no interior desta enseada. O teor de carbonato variou entre 17,4 % (MAM 03) e 25 % (MAM 14).

As análises de fósforo indicaram altos valores de fósforo orgânico em todos os pontos desta enseada (entre 199 e 324 $\mu\text{g/g}$) sugerindo que há uma contribuição significativa da vegetação da floresta de entorno já que não é observado lançamento de esgoto nesta área.

Os valores de COT e NT apresentaram baixos coeficientes de variação dentro desta enseada (5,68 e 6,84 %, respectivamente) variando entre 2,12 e 2,63 % para COT e 0,25 e 0,32 % para NT.

Os valores da razão entre o conteúdo de carbono e nitrogênio orgânicos variaram entre 8,0 e 9,0 indicando que a produtividade nesta enseada é regida pela produção autóctone, ou seja, fitoplanctônica. Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ (entre -22,60 e -21,66 ‰) e $\delta^{15}\text{N}$ (entre 6,32 e 7,18 ‰) corroboram com os resultados da razão C/N indicando uma predominância fitoplanctônica na produtividade desta enseada. Este resultado não era esperado visto que este compartimento apresenta baixa circulação de águas e abundante vegetação de entorno que seria carregada para esta enseada, desta forma, era esperado uma maior contribuição alóctone na produtividade desta área.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 21. Os metais analisados, da mesma forma que o COT, não apresentaram correlações significativas com a granulometria indicando que a deposição e distribuição destes metais e da matéria orgânica não está diretamente associada às frações mais fina do sedimento. Apenas os metais Cd, Cr, Cu e V apresentaram correlação positiva com o COT ($0,43 \leq r \leq 0,52$) indicando que estes metais podem encontrar-se ligados a compostos orgânicos no sedimento.

As correlações entre os elementos litogênicos (Al, Ti, Fe e Mn) e os metais de interesse ambiental mostram que esses metais analisados, com exceção do Pb, apresentam correlação positiva com Al ($0,55 \leq r \leq 0,81$), com o Ti ($0,48 \leq r \leq 0,76$), com o Fe - exceto para Ba e Ni ($0,55 \leq r \leq 0,84$) e também com Mn - exceto para Ni e Pb ($0,61 \leq r \leq 0,87$) indicando que esses metais podem estar associados aos argilominerais e a óxidos e hidróxidos de ferro e manganês no sedimento.

As correlações positivas observadas entre os metais analisados podem indicar que a distribuição destes metais, com exceção do Ni e Pb, é afetada por fatores semelhantes dentro desta enseada, como por exemplo, mesmas fontes destes metais para o meio, processos biogeoquímicos semelhantes ou até mesmo distúrbios físicos (eventos erosivos, enxurradas) ocorridos na região.

Tabela 21 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada do Saco do Mamanguá, n = 22 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,50	1,00														
% areia	-0,72	-0,96	1,00													
% COT	-0,34	0,15	-0,01	1,00												
Al	-0,11	-0,05	0,07	0,37	1,00											
Ti	-0,22	0,06	0,02	0,38	0,81	1,00										
Fe	-0,28	-0,10	0,17	0,48	0,59	0,71	1,00									
Mn	-0,19	0,09	-0,01	0,60	0,66	0,70	0,76	1,00								
Ba	-0,05	0,03	0,00	0,19	0,82	0,74	0,30	0,61	1,00							
Cd	-0,11	0,01	0,03	0,52	0,58	0,59	0,78	0,86	0,56	1,00						
Cr	-0,15	-0,08	0,11	0,47	0,79	0,76	0,72	0,87	0,80	0,89	1,00					
Cu	-0,09	0,03	0,00	0,43	0,79	0,69	0,66	0,87	0,80	0,90	0,94	1,00				
Ni	0,06	0,22	-0,19	0,26	0,55	0,48	0,10	0,37	0,62	0,34	0,46	0,48	1,00			
Pb	-0,16	0,07	0,00	0,18	-0,20	0,05	0,55	0,35	-0,19	0,53	0,27	0,25	-0,33	1,00		
V	-0,13	0,05	0,00	0,47	0,67	0,71	0,84	0,85	0,61	0,93	0,91	0,91	0,33	0,49	1,00	
Zn	-0,13	-0,05	0,08	0,42	0,77	0,75	0,75	0,87	0,77	0,91	0,97	0,95	0,40	0,35	0,92	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.10 - Enseada de Parati

O resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada de Parati está apresentados na Tabela 22, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 22 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Parati, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	75,3	0,267	22,2	15,7	74,5	9,8
Mediana	75,4	0,270	19,8	15,9	83,0	0,4
DesvPad	3,3	0,040	7,6	6,4	22,1	26,5
CV (%)	4,4	15,1	34,2	41,0	29,7	270,5
Minimo	70,9	0,195	16,7	3,9	20,7	0,0
Máximo	81,1	0,324	39,9	25,9	87,4	75,4

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT (%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
Media	965	522	442	2,45	0,29	-21,40	5,85	8,4
Mediana	1007	542	474	2,39	0,28	-21,06	6,00	8,3
DesvPad	177	89	99	0,29	0,04	0,91	0,41	0,5
CV (%)	18,3	17,6	22,5	11,6	14,7	-4,27	7,0	6,0
Minimo	607,	362	244	2,08	0,25	-23,42	4,92	8,0
Máximo	1137	612	541	3,06	0,38	-20,75	6,19	9,4

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	5,79	3012	2,14	647	98,0	1,83	56,2	10,3	25,6	20,6	72,4	92,6
Mediana	5,92	2982	2,13	657	92,6	1,83	56,4	10,2	24,9	21,2	74,2	95,9
DesvPad	0,68	710	0,34	163	33,7	0,248	7,93	1,54	4,08	3,79	13,7	11,3
CV (%)	11,9	23,6	16,1	25,2	34,4	13,6	14,1	15,0	16,0	18,4	18,9	12,2
Minimo	4,24	1764	1,54	317	40,4	1,40	41,5	7,72	20,6	12,8	48,2	72,9
Máximo	6,44	3984	2,63	904	156	2,21	68,7	12,9	34,5	24,4	93,2	109

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A localização das estações amostrais da Enseada de Parati está apresentada na Figura 12.



Figura 12 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada de Parati.

As análises granulométricas na Enseada de Parati indicaram que o sedimento superficial desta área apresenta granulometria fina, constituído basicamente de silte e argila (entre 98,9 e 100 %) com baixa densidade aparente (entre 0,195 e 0,309 g/cm³) e alto teor de água (entre 70,9 e 81,1 %). Apenas o ponto PAR 09, ponto mais externo desta enseada, apresentou alto teor de areia (75,4 %) comparado aos demais pontos deste local (entre 0 e 1,1 %) e conseqüentemente maior densidade aparente (1,078 g/cm³) e menor teor de água (34,5 %); essa diferença observada neste ponto pode ser atribuída a maior influência da circulação de águas do canal central nesta área comparado aos demais ponto abrigados desta enseada.

As análises de fósforo indicaram altos valores para fósforo inorgânico (entre 426 e 612 $\mu\text{g/g}$) e para fósforo orgânico (entre 349 e 541 $\mu\text{g/g}$) nesta enseada, provavelmente devido a grande malha fluvial desta área. A exceção é o ponto PAR 09 que apresentou os menores valores de fósforo inorgânico e orgânico (362,99 e 244 $\mu\text{g/g}$) refletindo as diferenças granulométricas observadas; este ponto apresentou os menores teores de silte e argila no sedimento e o fósforo em solução se adsorve fortemente às partículas de argilas, em particular, às argilas com caulinita (Berner & Berner, 1996), mineral encontrado em altas proporções nesta enseada (22 % da constituição mineral).

Os valores da razão C/N indicam que há uma predominância fitoplanctônica na produtividade desta enseada. Os resultados dos isótopos ^{13}C e ^{15}N reforçam a hipótese de que a produtividade nesta enseada é regida pela produção fitoplanctônica; os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -23,42 e -20,75 ‰ e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre 4,92 e 6,19 ‰.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 23. O teor de carbono orgânico total não apresentou correlações significativas com a granulometria e com os metais analisados (exceto com o Ni, $r = 0,80$) indicando que a matéria orgânica exerça fraca influência na dinâmica sedimentar desta enseada. Os metais Pb, V e Zn apresentaram correlações positivas com a fração de silte ($0,62 \leq r \leq 0,79$) e argila ($0,72 \leq r \leq 0,78$) e correlações negativas com a fração de areia ($-0,84 \leq r \leq -0,71$); os demais metais analisados não apresentaram correlações significativas com a granulometria.

Estes mesmos elementos (Pb, V e Zn), além do Cd e Cu, apresentaram correlações positivas com o Al ($0,64 \leq r \leq 0,88$), com o Ti ($0,71 \leq r \leq 0,93$) e com o Fe ($0,81 \leq r \leq 0,91$) sugerindo que a deposição destes metais nesta enseada deve estar relacionada a processos geoquímicos semelhantes, tais como aumento da deposição de argilominerais e entrada de óxido e hidróxidos de ferro. Vale ressaltar que os elementos de interesse ambiental acima citados (Cd, Cu, Pb, V e Zn) apresentaram correlações positivas entre si ($0,82 \leq r \leq 0,98$), reforçando a hipótese de que estes metais são regidos por processos geoquímicos semelhantes nesta enseada e sugerindo que estes metais podem apresentar uma mesma fontes para o ambiente.

Tabela 23 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada de Parati, n = 8 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,60	1,00														
% areia	-0,75	-0,98	1,00													
% COT	-0,34	0,18	-0,07	1,00												
Al (µg/g)	0,83	0,85	-0,91	-0,02	1,00											
Ti	0,47	0,71	-0,71	-0,20	0,73	1,00										
Fe	0,91	0,59	-0,71	-0,39	0,74	0,65	1,00									
Mn	0,49	0,84	-0,82	0,05	0,85	0,72	0,37	1,00								
Ba	0,51	0,68	-0,69	-0,21	0,69	0,91	0,67	0,66	1,00							
Cd	0,71	0,62	-0,69	-0,31	0,64	0,71	0,87	0,39	0,84	1,00						
Cr	0,56	0,16	-0,27	-0,23	0,32	-0,26	0,27	0,11	-0,34	-0,03	1,00					
Cu	0,69	0,60	-0,67	-0,29	0,67	0,78	0,85	0,45	0,91	0,98	-0,13	1,00				
Ni	0,26	-0,20	0,11	-0,80	-0,18	-0,18	0,23	-0,21	0,00	0,21	0,31	0,13	1,00			
Pb	0,72	0,79	-0,84	-0,23	0,88	0,93	0,81	0,73	0,86	0,82	0,06	0,85	-0,11	1,00		
V	0,73	0,65	-0,72	-0,35	0,77	0,88	0,86	0,59	0,94	0,92	-0,10	0,97	0,09	0,92	1,00	
Zn	0,78	0,62	-0,71	-0,39	0,77	0,85	0,91	0,55	0,89	0,89	-0,04	0,93	0,13	0,90	0,98	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.11 - Baía da Ribeira

O resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada da Baía da Ribeira está apresentado na Tabela 24, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais ($\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 24 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada da Baía da Ribeira, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	69,7	0,351	24,0	15,0	81,5	3,5
Mediana	73,3	0,303	22,6	15,7	83,0	0,2
DesvPad	9,6	0,162	6,6	5,2	11,9	12,9
CV (%)	13,7	46,1	27,5	34,7	14,6	365,2
Minimo	35,4	0,222	13,3	6,4	30,5	0,0
Máximo	79,4	1,016	46,4	26,8	91,1	63,1

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT (%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
Media	852	583	269	3,04	0,32	-22,86	5,20	9,4
Mediana	868	608	236	2,81	0,30	-22,38	5,24	9,0
DesvPad	179	120	97	1,32	0,10	1,62	1,15	1,5
CV (%)	21,0	20,6	36,1	43,3	31,1	-7,1	22,2	15,9
Minimo	267	168	99	0,36	0,05	-27,94	2,41	7,4
Máximo	1119	757	465	8,23	0,64	-21,35	6,82	12,9

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	5,21	906	2,24	425	42,7	1,61	56,9	9,75	31,6	18,5	47,2	82,9
Mediana	5,24	723	2,23	428	42,1	1,70	57,1	10,5	32,4	19,1	47,7	87,1
DesvPad	1,63	657	0,60	146	15,0	0,374	13,9	2,49	8,94	4,13	14,8	18,9
CV (%)	31,4	72,5	27,0	34,3	35,0	23,3	24,5	25,5	28,3	22,3	31,3	22,8
Minimo	0,54	37,6	0,48	106	4,32	0,340	15,2	1,91	10,3	5,70	2,37	20,2
Máximo	7,62	2228	3,30	807	65,8	2,06	75,2	12,9	54,2	25,5	67,3	104

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A Figura 13 mostra a localização das estações amostrais da Enseada da Baía da Ribeira.

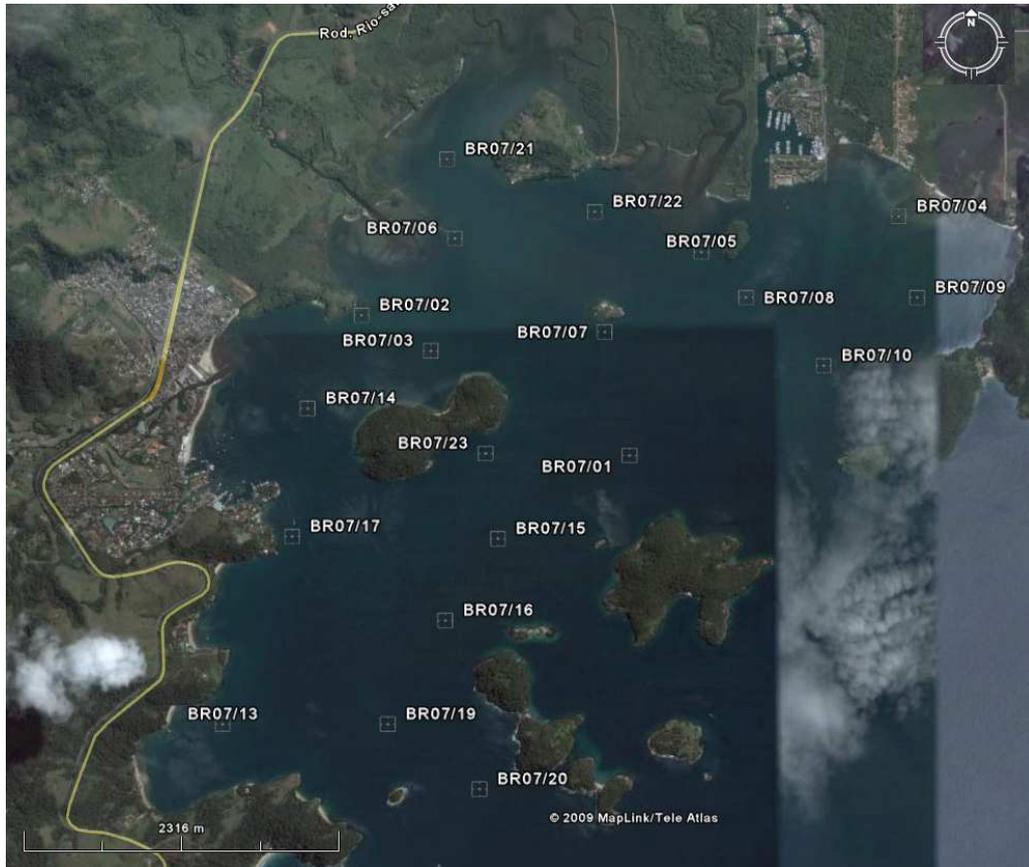


Figura 13 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada da Baía da Ribeira.

Na Enseada da Baía da Ribeira foi observada uma homogeneidade no resultado das análises granulométricas; a enseada apresenta sedimento fino, constituído de silte e argila (entre 90,2 e 100 %) e consequentemente este sedimento apresenta baixa densidade aparente (entre 0,222 e 0,512 g/cm³) e alto teor de água (entre 58 e 79,4 %). Apenas o ponto BR 20 apresentou alta porcentagem de areia (63,1 %) quando comparado aos demais pontos desta enseada (entre 0 e 9,8 %); neste ponto foi observado a maior densidade aparente (1,016 g/cm³) e o menor teor de água no sedimento (35,4 %). Este resultado pode ser atribuído a localização deste ponto (ponto mais externo da enseada) que provavelmente sofre influência da circulação de águas no canal central. Os valores de carbonato variaram de 13,3 % (BR 20) a 46,4 % (BR 16).

As análises de fósforo mostraram altos valores de fósforo inorgânico (entre 353 e 757 $\mu\text{g/g}$) e orgânico (entre 130 e 465 $\mu\text{g/g}$) nesta enseada, exceto para o ponto BR 20, que apresentou maiores teores de areia e, conseqüentemente, menores teores de fósforo. Como esperado, este ponto apresentou os menores valores para carbono orgânico total (0,36 %) e nitrogênio total (0,05 %); nos demais pontos, com exceção do ponto BR 05, o teor de COT variou entre 2,28 e 4,16 % e o de NT variou entre 0,25 e 0,38 %. No ponto BR 05 foram observadas as maiores concentrações de matéria orgânica (8,23 % para COT e 0,64 % para NT) e os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ (-27,94 ‰) e da razão C/N (12,9) indicam que esta matéria orgânica pode ter origem terrestre, principalmente de plantas C3.

Os valores da razão C/N nos demais pontos variaram entre 7,4 e 12,8 indicando uma mistura de fontes autóctone e alóctone de matéria orgânica, com tendência de predominância fitoplanctônica na produtividade desta enseada. Os resultados dos isótopos ^{13}C e ^{15}N reforçam a hipótese de que a produtividade nesta enseada é regida pela produção fitoplanctônica com menor influência de plantas vasculares; os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -25,97 e -21,35 ‰ e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre 3,50 e 6,82 ‰.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 25. O teor de carbono orgânico total não apresentou correlações significativas com a granulometria e com os metais analisados indicando que a matéria orgânica exerça fraca influência na dinâmica sedimentar desta enseada. Todos os metais de interesse ambiental analisados apresentaram correlações positivas com a fração de silte ($0,67 \leq r \leq 0,85$) e correlações negativas com a fração de areia ($-0,78 \leq r \leq -0,57$); este resultado já era esperado já que frações mais finas do sedimento apresentam maior capacidade de adsorver metais quando comparadas as frações grosseiras (Seelinger *et al.*, 1988).

As correlações observadas entre os elementos litogênicos (Al, Ti, Fe e Mn) e os metais de interesse ambiental mostram que os metais analisados apresentam correlação positiva com Al ($0,64 \leq r \leq 0,97$), com o Ti - exceto para o Pb ($0,67 \leq r \leq 0,90$) e também com o Fe ($0,69 \leq r \leq 0,95$) indicando que esses metais podem estar associados aos argilominerais e a óxidos e hidróxidos de ferro.

As correlações positivas observadas entre os metais analisados (exceto Ba e Pb) podem indicar que a distribuição destes metais é afetada por processos biogeoquímicos semelhantes ou até mesmo a ocorrência de distúrbios físicos (eventos erosivos, enxurradas) na região.

Tabela 25 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada da Baía da Ribeira, n = 22 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,09	1,00														
% areia	-0,43	-0,94	1,00													
% COT	-0,15	0,46	-0,36	1,00												
Al	-0,02	0,75	-0,67	0,35	1,00											
Ti	-0,55	0,54	-0,29	0,52	0,68	1,00										
Fe	-0,09	0,78	-0,67	0,30	0,95	0,71	1,00									
Mn	0,31	0,34	-0,41	-0,16	0,08	-0,27	0,11	1,00								
Ba	-0,33	0,76	-0,57	0,50	0,83	0,90	0,82	-0,07	1,00							
Cd	0,05	0,85	-0,78	0,38	0,95	0,67	0,92	0,12	0,86	1,00						
Cr	0,02	0,77	-0,70	0,24	0,96	0,67	0,95	0,12	0,82	0,97	1,00					
Cu	-0,03	0,82	-0,73	0,42	0,97	0,73	0,92	0,05	0,89	0,99	0,96	1,00				
Ni	-0,10	0,67	-0,57	0,07	0,86	0,67	0,90	0,10	0,75	0,81	0,89	0,83	1,00			
Pb	0,35	0,67	-0,73	-0,02	0,64	0,07	0,69	0,39	0,38	0,68	0,66	0,62	0,58	1,00		
V	-0,19	0,84	-0,69	0,50	0,92	0,81	0,91	0,05	0,94	0,94	0,89	0,96	0,81	0,60	1,00	
Zn	-0,01	0,85	-0,77	0,39	0,94	0,72	0,93	0,09	0,89	0,99	0,97	0,98	0,84	0,65	0,95	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.12 - Angra dos Reis

A Tabela 26 mostra o resumo dos resultados das análises nos sedimentos superficiais da Enseada de Angra dos Reis, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

A tabela completa mostrando todos os resultados obtidos encontra-se nos Apêndices 3 e 4.

Tabela 26 - Estatística descritiva (média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação – CV, valores mínimo e máximo) da Enseada de Angra dos Reis, sendo (a) composição textural, (b) dados biogeoquímicos - fósforo ($\mu\text{g/g}$) e composição elementar e isotópica da matéria orgânica e (c) concentração de metais (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$ de sedimento seco).

(a)

Amostra	% água	Densidade aparente(g/cm^3)	% carbonato	% argila	% silte	% areia
Media	54,6	0,659	16,1	12,5	63,6	23,9
Mediana	68,2	0,369	14,8	11,9	82,0	4,2
DesvPad	19,8	0,410	15,7	9,4	28,2	32,9
CV (%)	36,3	62,1	97,4	75,0	44,3	137,7
Minimo	24,6	0,281	4,0	0,0	2,3	0,0
Máximo	74,0	1,333	73,5	43,3	87,9	97,7

(b)

	P total	P inorg	P org	COT (%)	NT (%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C/N
Media	644	471	173	1,40	0,16	-21,89	5,82	8,8
Mediana	731	507	199	1,77	0,21	-21,91	6,04	8,7
DesvPad	313	234	111	0,79	0,09	0,61	1,05	0,9
CV (%)	48,6	49,8	64,0	56,4	55,9	-2,8	17,9	10,4
Minimo	76	45	8	0,11	0,02	-23,14	3,18	6,9
Máximo	987	764	394	2,42	0,26	-21,01	6,96	10,6

(c)

Amostra	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
Media	1,69	221	0,92	139	19,9	0,916	25,7	5,27	8,02	25,5	23,1	137
Mediana	1,93	194	1,18	172	20,8	0,995	34,3	5,81	8,38	28,0	25,3	85,6
DesvPad	1,15	137	0,58	83,2	10,7	0,791	14,6	3,43	6,25	17,1	16,6	203
CV (%)	68,0	62	63,4	59,8	54,0	86,3	56,8	65,2	77,9	67,2	72,1	148
Minimo	0,13	35,7	0,05	9,47	3,65	0,003	3,32	0,368	0,0050	3,85	0,010	5,66
Máximo	4,01	528	1,82	249	34,5	2,986	42,9	11,13	16,9	60,7	55,8	789

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

A localização das estações amostrais da Enseada de Angra dos Reis está apresentada na Figura 14.

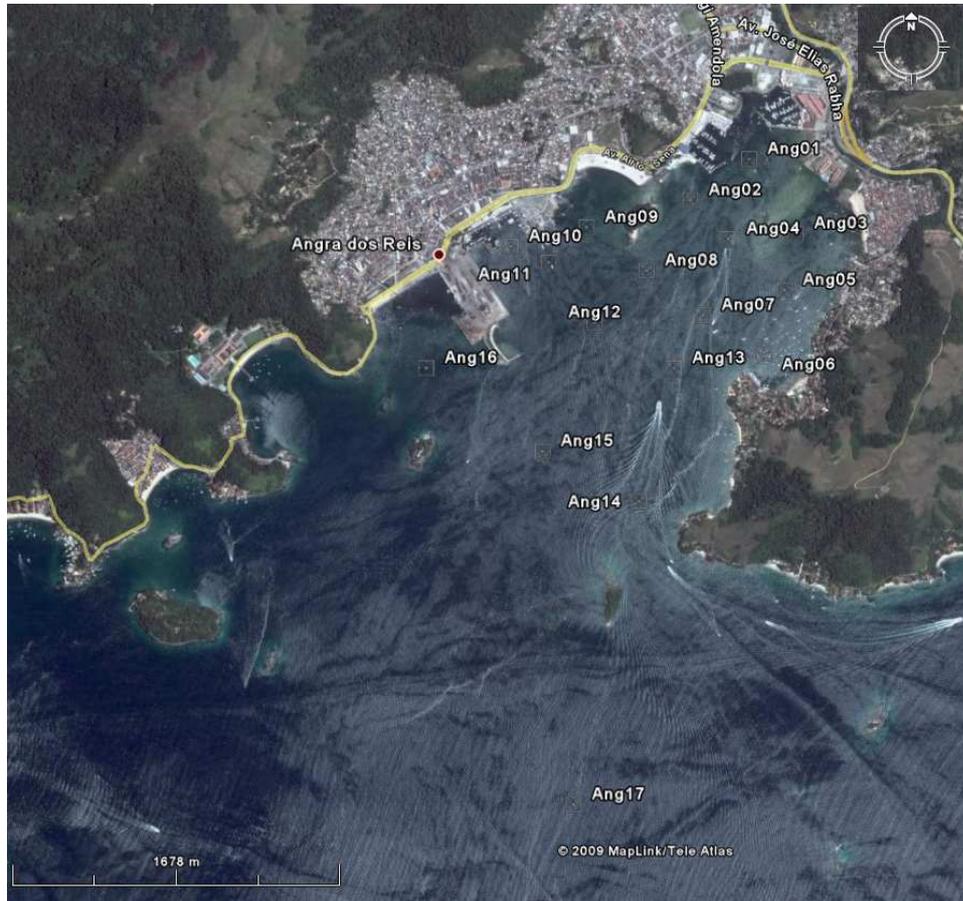


Figura 14 - Mapa de localização das estações amostrais da Enseada de Angra dos Reis.

As análises granulométricas na Enseada de Angra dos Reis mostraram que a granulometria do sedimento superficial desta enseada não é homogênea e também não obedece a um padrão de separação espacial; os pontos ANG 03, 05, 06, 07, 08, 11, 13, 15, 16 e 17 apresentaram sedimento com granulometria fina, constituído basicamente de silte e argila (entre 95,7 e 100 %) e conseqüentemente estes pontos apresentam baixa densidade aparente (entre 0,281 e 0,408 g/cm³) e alto teor de água (entre 64,7 e 74 %). Já os pontos ANG 01, 02, 04, 09, 10, 12 e 14 apresentaram granulometria mais grosseira, com menores teores de silte/argila (entre 2,3 e 80,7 %), bem como maiores valores para densidade aparente (entre 0,836 e 1,333 g/cm³) e menores teores de água

no sedimento (24,6 e 43,4 %). Os valores de carbonato variaram entre 4 % (ANG 09) e 73,5 % (ANG 08), com média de 16,1 % nesta enseada.

Os resultados de fósforo indicaram maiores concentrações de fósforo nos pontos que apresentaram granulometria fina comparados aos pontos de granulometria mais grosseira; nos pontos com altos teores de silte e argila os valores de fósforo inorgânico variaram entre 380 µg/g (ANG 08) e 764 µg/g (ANG 06) e de fósforo orgânico variaram entre 108 µg/g (ANG 03) e 394 µg/g (ANG 16) enquanto que nos pontos com altos teores de areia os valores de fósforo inorgânico variaram entre 45 µg/g (ANG 04) e 296 µg/g (ANG 12) e de fósforo orgânico variaram entre 8 µg/g (ANG 02) e 207 µg/g (ANG 12). Os teores de COT e NT também variaram de acordo com a granulometria, ou seja, os pontos que apresentaram granulometria fina mostraram maiores teores de COT (entre 1,60 e 2,42 %) e NT (0,18 e 0,26 %) comparados aos pontos de granulometria mais grosseira (COT entre 0,11 e 0,73 % e NT entre 0,02 e 0,07 %). Estes resultados observados corroboram com os resultados descritos por Meyers (1997) onde sedimentos grosseiros (arenosos) apresentam menor porcentagem de carbono orgânico total e também apresentam menores concentrações de fósforo (Berner & Berner, 1996) comparado com sedimentos argilosos. O ponto ANG 10, apesar de apresentar alto teor de areia (75,4 %), mostrou altos valores de fósforo inorgânico (728 µg/g) e orgânico (225 µg/g), bem como de COT (2,23 %) e NT (0,23 %).

Os valores da razão C/N (entre 6,9 e 9,9) indicaram que a matéria orgânica sedimentar tem origem autóctone, ou seja, produção fitoplanctônica, exceto no ponto ANG 12 onde foi observado um valor de 10,9 para razão C/N indicando influência de plantas terrestres na matéria orgânica deste ponto. Os resultados dos isótopos ^{13}C e ^{15}N reforçam a hipótese de que a produtividade nesta enseada é regida pela produção fitoplanctônica com menor influência de plantas vasculares; os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -23,14 e -21,01 ‰ e os valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre 3,18 e 6,96 ‰.

As análises de correlação entre os metais, a granulometria e a composição geoquímica dos sedimentos estão apresentadas na Tabela 27. O teor de carbono orgânico total apresentou correlações significativas com a granulometria, sendo positiva com o silte ($r = 0,62$) e negativa com a areia ($r = -0,62$) indicando que a matéria orgânica provavelmente encontra-se associada às partículas finas nesta enseada. Os

metais Ba, Cr, Ni e V apresentaram correlações positivas com a fração de silte ($0,53 \leq r \leq 0,72$) e correlações negativas com a fração de areia ($-0,63 \leq r \leq -0,45$) indicando que estes metais podem estar associados à fração siltosa do sedimento. Todos os metais analisados apresentaram correlações positivas com o COT ($0,55 \leq r \leq 0,88$) indicando que a matéria orgânica exerce grande influência na dinâmica sedimentar dos metais nesta enseada.

Todos os elementos analisados, com exceção do Zn, apresentaram correlações positivas com o Al ($0,59 \leq r \leq 0,99$), com o Ti ($0,63 \leq r \leq 0,93$), com o Fe ($0,67 \leq r \leq 0,98$) e com o Mn ($0,54 \leq r \leq 0,89$). Estes resultados sugerem que a deposição e distribuição destes metais nesta enseada devem estar relacionada a processos geoquímicos semelhantes, tais como aumento da deposição de argilominerais e entrada de óxido e hidróxidos de ferro e manganês no compartimento sedimentar. Vale ressaltar que todos os elementos de interesse ambiental analisados (exceto o Zn) apresentaram correlações positivas entre si ($0,60 \leq r \leq 0,97$), reforçando a hipótese de que estes metais são regidos por processos geoquímicos semelhantes nesta enseada e sugerindo que estes metais podem apresentar uma mesma fontes para o ambiente.

Tabela 27 - Matriz de correlação entre dados granulométricos, COT e metais na Enseada de Angra dos Reis, com n = 17 e p < 0,05.

	% argila	% silte	% areia	% COT	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
% argila	1,00															
% silte	0,37	1,00														
% areia	-0,60	-0,96	1,00													
% COT	0,31	0,62	-0,62	1,00												
Al	0,11	0,72	-0,65	0,74	1,00											
Ti	0,01	0,49	-0,42	0,58	0,89	1,00										
Fe	0,06	0,72	-0,63	0,83	0,97	0,82	1,00									
Mn	0,10	0,65	-0,59	0,73	0,87	0,64	0,90	1,00								
Ba	-0,01	0,53	-0,45	0,85	0,89	0,87	0,90	0,75	1,00							
Cd	-0,11	0,23	-0,17	0,80	0,59	0,63	0,67	0,54	0,87	1,00						
Cr	0,04	0,72	-0,63	0,88	0,93	0,76	0,98	0,89	0,91	0,72	1,00					
Cu	-0,04	0,45	-0,37	0,86	0,82	0,81	0,86	0,72	0,98	0,94	0,88	1,00				
Ni	0,00	0,68	-0,58	0,85	0,76	0,63	0,84	0,70	0,84	0,73	0,89	0,83	1,00			
Pb	-0,13	0,31	-0,23	0,81	0,66	0,68	0,74	0,58	0,91	0,97	0,79	0,95	0,83	1,00		
V	0,11	0,66	-0,60	0,77	0,99	0,93	0,95	0,84	0,92	0,66	0,92	0,87	0,79	0,72	1,00	
Zn	-0,20	-0,11	0,15	0,55	0,20	0,32	0,30	0,19	0,60	0,91	0,37	0,72	0,47	0,83	0,29	1,00

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.13 - ESTUDO COMPARATIVO COM DADOS DA LITERATURA, COM VALORES ORIENTADORES E ENTRE AS ENSEADAS

5.13.1 - Comparativo com dados da literatura

A Tabela 28 (a) compara as maiores concentrações de metais medidas neste estudo com valores medidos em áreas degradadas e não degradadas do Estado do Rio de Janeiro em estudos anteriores; vale ressaltar que, exceto para o zinco em Angra dos Reis, as concentrações de metais medidas nas enseadas da Baía da Ilha Grande revelam características de áreas não degradadas à região. A Tabela 28 (b) mostra um resumo dos resultados de concentração de metais obtidos neste estudo.

Tabela 28 (a) - Comparativo das concentrações de metais deste estudo com dados da literatura.

	Baía da Ilha Grande, este estudo ⁽¹⁾	Baía da Ribeira ⁽²⁾	Mangaratiba ⁽³⁾	Baía de Guanabara – Rio Estrela ⁽³⁾	Baía de Guanabara – Rio Iguaçu ⁽³⁾
Ba	156	-	-	-	-
Cd	2,98	-	4,9 – 8,0	2,6 – 3,4	2,3 – 3,1
Cr	75,2	108	97 – 108	109 – 174	132 – 611
Cu	12,9	28	24 – 31	75 – 131	22 – 191
Ni	54,2	98	-	-	-
Pb	60,7	-	33 – 40	38 – 63	22 – 35
V	93,2	105	-	-	-
Zn	789	99	195 – 230	87 – 102	78 – 123

Fonte: (1) desenvolvido no âmbito deste trabalho; valores das maiores concentrações encontradas em µg de elemento/g de sedimento (Ba e V - Parati; Cd, Pb e Zn - Angra; Cr, Cu e Ni – Baía da Ribeira), (2) Modificado de CARDOSO *et al.*, 2001 e (3) Modificado de SOUZA, 1986.

Tabela 28 (b) - Comparativo entre os resultados de concentração de metais - Al e Fe em % e demais elementos em µg/g - entre as enseadas (média ± DP, mínimo e máximo)

	PALM	ABR	EST	CEU	SF	MAM	PAR	BR	ANG
Al	1,43 ± 1,49 0,21 – 5,86	2,19 ± 0,53 1,06 – 2,80	1,83 ± 0,33 1,04 – 2,31	2,30 ± 1,24 0,17 – 4,13	1,68 ± 0,69 0,40 – 2,73	5,82 ± 0,72 4,56 – 7,50	5,79 ± 0,68 4,24 – 6,44	5,21 ± 1,63 0,54 – 7,62	1,69 ± 1,15 0,13 – 4,01
Ti	438 ± 884 34,9 - 3006	137 ± 59,4 75,6 - 254	91,5 ± 28,6 67,1 - 161	203 ± 152 48,7 - 499	158 ± 103 31,7 - 408	2490 ± 328 1937 - 3128	3012 ± 710 1764 - 3984	906 ± 657 37,6 - 2228	221 ± 137 35,7 - 528
Fe	0,67 ± 0,56 0,08 – 2,13	1,12 ± 0,26 0,51 – 1,31	1,21 ± 0,23 0,58 – 1,44	1,61 ± 0,80 0,16 – 2,80	1,06 ± 0,39 0,31 – 1,84	2,10 ± 0,26 1,50 – 2,95	2,14 ± 0,34 1,54 – 2,63	2,24 ± 0,60 0,48 – 3,30	0,92 ± 0,58 0,05 – 1,82
Mn	131 ± 125 20 - 505	151 ± 38,1 59,3 - 188	174 ± 43,1 70,3 – 228,2	138 ± 69,5 13,1 - 216	153 ± 64,5 46,4 - 308	281 ± 32,2 191 - 338	647 ± 163 317 - 904	425 ± 146 106 - 807	139 ± 83,2 9,4 - 249
Ba	17,6 ± 13,4 3,2 – 55,0	31,1 ± 5,76 22,3 – 41,8	18,7 ± 1,37 15,9 – 20,9	28,0 ± 13,9 3,46 – 48,9	30,3 ± 13,7 4,9 – 54,7	60,4 ± 6,7 47,2 – 71,6	98 ± 33,7 40,4 - 156	42,7 ± 15,0 4,32 – 65,8	19,9 ± 10,7 3,65 – 34,5
Cd	0,56 ± 0,49 0,03 – 1,84	0,89 ± 0,22 0,36 – 1,05	0,94 ± 0,18 0,45 – 1,08	1,16 ± 0,53 0,1 – 1,83	0,55 ± 0,29 0,1 – 1,13	1,74 ± 0,11 1,38 – 1,95	1,83 ± 0,25 1,4 – 2,21	1,61 ± 0,37 0,34 – 2,06	0,92 ± 0,79 0,003 – 2,99
Cr	21,4 ± 17,3 2,7 – 63,2	32,0 ± 8,6 10,9 – 38,8	34,4 ± 7,9 13,8 – 42,6	33,6 ± 17,1 5,3 – 52,7	25,6 ± 9,8 8,1 – 43,6	61,7 ± 5,0 47 - 70	56,2 ± 7,9 41,5 – 68,7	56,9 ± 13,9 15,2 – 75,2	25,7 ± 14,6 3,3 – 42,9
Cu	3,21 ± 2,74 0,46 – 10,45	5,31 ± 1,27 2,47 – 6,51	5,1 ± 0,9 2,66 – 5,86	6,32 ± 2,84 0,73 – 10,1	4,51 ± 1,62 1,39 – 7,37	9,75 ± 0,69 7,74 – 10,9	10,3 ± 1,54 7,7 – 12,9	9,75 ± 2,49 1,91 – 12,9	5,27 ± 3,43 0,37 – 11,1
Ni	4,33 ± 6,95 0,005 – 24,34	6,45 ± 5,79 0,005 – 14,7	11,6 ± 5,6 0,005 – 18,7	19,6 ± 10,4 5,8 – 31,4	3,67 ± 5,01 0,005 – 15,3	26 ± 4,5 15,3 – 32,5	25,6 ± 4,1 20,6 – 34,5	31,6 ± 8,9 10,3 – 54,2	8,02 ± 6,25 0,005 – 16,9
Pb	6,94 ± 5,73 1,21 – 22,5	16,0 ± 4,25 8,21 – 21,4	16,4 ± 2,7 9,1 – 19,1	17,3 ± 8,1 2,5 – 28,7	9,48 ± 3,67 1,5 – 16,3	17,8 ± 2,1 13,0 – 22,0	20,6 ± 3,8 12,8 – 24,4	18,5 ± 4,1 5,7 – 25,5	25,5 ± 17,1 3,9 – 60,7
V	13,5 ± 16,8 0,01 – 62,9	20,0 ± 5,4 9,61 – 26,5	18,9 ± 3,9 8,8 – 22,4	28,3 ± 15,2 2,6 – 52,3	16,7 ± 7,8 1,6 – 32,8	65,9 ± 6,1 49,4 – 78,4	72,4 ± 13,7 48,2 – 93,2	47,2 ± 14,8 2,4 – 67,3	23,1 ± 16,6 0,01 – 55,8
Zn	37,2 ± 25,7 5,5 – 88,2	74,2 ± 16,5 38,6 – 88,1	77,4 ± 11,6 46,8 – 89,1	85,6 ± 38,1 9,4 - 130	54,3 ± 18,2 19,5 – 79,5	88,6 ± 5,8 70,5 – 97,4	92,6 ± 11,3 72,9 - 109	82,9 ± 18,9 20,2 - 104	137 ± 203 5,6 - 789

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho.

5.13.2 - Comparativo com valores orientadores de qualidade de sedimentos

A Tabela 29 compara valores máximos de matéria orgânica e fósforo total deste estudo com os valores alertas definidos na Resolução CONAMA 344/2004.

Tabela 29 - Comparativo entre valores de matéria orgânica e fósforo medidos neste estudo e valores orientadores da Resolução CONAMA 344/2004.

Parâmetros	Este estudo⁽¹⁾	Valor Alerta⁽²⁾
Carbono orgânico total (%)	8,2	10
Nitrogênio total (%)	0,60	0,48
Fósforo total (µg/g)	1137	2000

Fonte: (1) desenvolvido no âmbito deste trabalho e (2) Resolução CONAMA 344/2004.

Como demonstrado na tabela acima as enseadas da Baía da Ilha Grande não apresentam valores de carbono orgânico total e fósforo total acima dos valores alertas estipulados pela Resolução CONAMA 344/2004, ou seja, não representam possibilidade de causar prejuízos ao ambiente. Para nitrogênio total foi observado um valor acima do valor alerta na Enseada da Baía da Ribeira, no ponto BR 05; nos demais pontos de todas as enseadas os valores de nitrogênio total medidos mostraram-se abaixo do valor alerta, com máximo de 0,39 % no ponto EST 04 e média de 0,25 % em todas as enseadas.

A Tabela 30 compara os valores de concentração de metais obtidos neste estudo com valores orientadores definidos por Buchman (1999) e na Resolução CONAMA 344/2004; vale ressaltar que para efeito de comparação foram definidos como parâmetro as maiores concentrações absolutas encontradas para cada elemento neste estudo.

Tabela 30 - Comparativo entre valores de concentração de metais medidos neste estudo e valores orientadores em µg/g.

	Este estudo ⁽¹⁾	TEL ⁽²⁾	ERL ⁽²⁾ ou nível 1 ⁽³⁾	PEL ⁽²⁾	ERM ⁽²⁾ ou nível 2 ⁽³⁾
Ba	156	-	-	-	-
Cd	2,98	0,67	1,20	4,20	9,60
Cr	75,2	52,3	81,0	160,4	370,0
Cu	12,9	18,7	34,0	108,2	270,0
Ni	54,2	15,9	20,9	42,8	51,6
Pb	60,7	30,2	46,7	112,2	218,0
V	93,2	-	-	-	-
Zn	789	124	150	271	410

Fonte: desenvolvido no âmbito deste trabalho; valores das maiores concentrações encontradas em µg de elemento/g de sedimento (Ba e V - Parati; Cd, Pb e Zn - Angra; Cr, Cu e Ni – Baía da Ribeira), (2) Modificado de BUCHMAN, 1999 e (3) Resolução CONAMA 344/2004.

Como demonstrado na tabela acima o cobre foi o único elemento que apresentou sua maior concentração (Baía da Ribeira) abaixo dos valores estabelecidos como nível limiar de efeitos na biota (TEL) por Buchman (1999). O cromo apresentou a maior concentração na Baía da Ribeira mas este valor encontra-se entre o valor de TEL e o nível 1 da Resolução CONAMA 344/2004 não demonstrando preocupação ambiental na Baía da Ilha Grande. Os elementos cádmio e chumbo apresentam valores acima do nível 1 (ou ERL) e inferiores aos valores de PEL estabelecidos, ou seja, as concentrações desses metais estão entre a concentração a partir da qual o efeito tóxico pode começar a ocorrer em espécies sensíveis e a concentração acima da qual efeitos adversos à biota são freqüentemente esperados.

Já os elementos níquel e zinco apresentaram suas maiores concentrações acima dos valores estabelecidos como ERM, ou seja, há elevada probabilidade de ocorrer efeitos tóxicos a organismos sensíveis. Vale ressaltar que este fato foi observado em apenas 1 ponto para níquel (BR 04) e que os demais valores mantiveram-se abaixo de 38,8 µg/g, ou seja, abaixo do PEL; já para zinco, concentrações acima do ERM foram observadas em 2 pontos (ANG 10 e 11) enquanto que nas demais localidades a máxima concentração de zinco medida foi de 175 µg/g, ou seja, abaixo do PEL.

5.13.3 - Granulometria, teor de água e densidade aparente

A comparação entre os dados obtidos nas análises granulométricas das enseadas da Baía da Ilha Grande (Figura 15 a 17) mostrou que a Enseada de Palmas possui a maior média de percentual de areia no sedimento superficial (41,1 %), seguido de Angra dos Reis (23,9 %) e da Enseada do Sítio Forte (18,4 %). Em Angra dos Reis esta alta média observada pode ser atribuída aos altos teores de areia encontrados em alguns pontos chegando a 97,7 % no ponto ANG 09; vale ressaltar que a média do teor de areia em todas as enseadas foi de apenas 13,7 %. As enseadas de Palmas e do Sítio Forte encontram-se voltadas para o canal central sob maior influência da circulação de águas deste canal que apresenta maior hidrodinamismo e, como consequência, estas áreas apresentam maiores teores de areia comparadas às demais enseadas mais abrigadas estudadas neste trabalho.

Esta diferença se mantém na comparação dos teores de silte entre as enseadas estudadas; a enseada de Palmas apresentou a menor média de teor de silte no sedimento (46,5 %) seguido de Angra dos Reis (63,6 %) e Sítio Forte (70,1 %). A média de teor de silte em todas as enseadas foi de 71,9 %. O baixo valor observado em Palmas pode ser atribuído à alta porcentagem de areia presente nesta enseada.

O teor de argila nas enseadas estudadas da Ilha Grande apresentou média de 14,5 %, chegando a 47,7 % em PALM 13. A contribuição de argila na composição granulométrica dessas enseadas foi, de uma forma geral, menor que a contribuição de silte e areia. A enseada que apresentou maior média de teor de argila foi o Saco do Mamangá, provavelmente devido às características da área que proporciona baixa circulação de águas e conseqüentemente deposição de partículas mais finas; esta enseada foi a que apresentou menor média de teor de areia (apenas 1 %), e apenas o ponto MAM 17 apresentou 20,7 % de areia enquanto nos demais pontos desta enseada este teor variou entre 0 e 0,1 %.

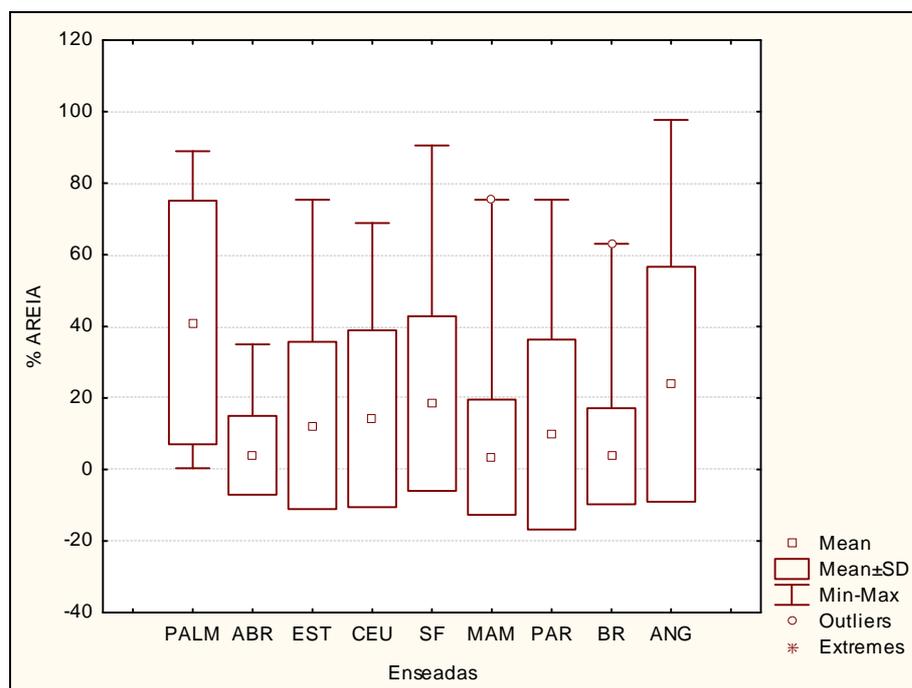


Figura 15 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de areia (%) entre as enseadas.

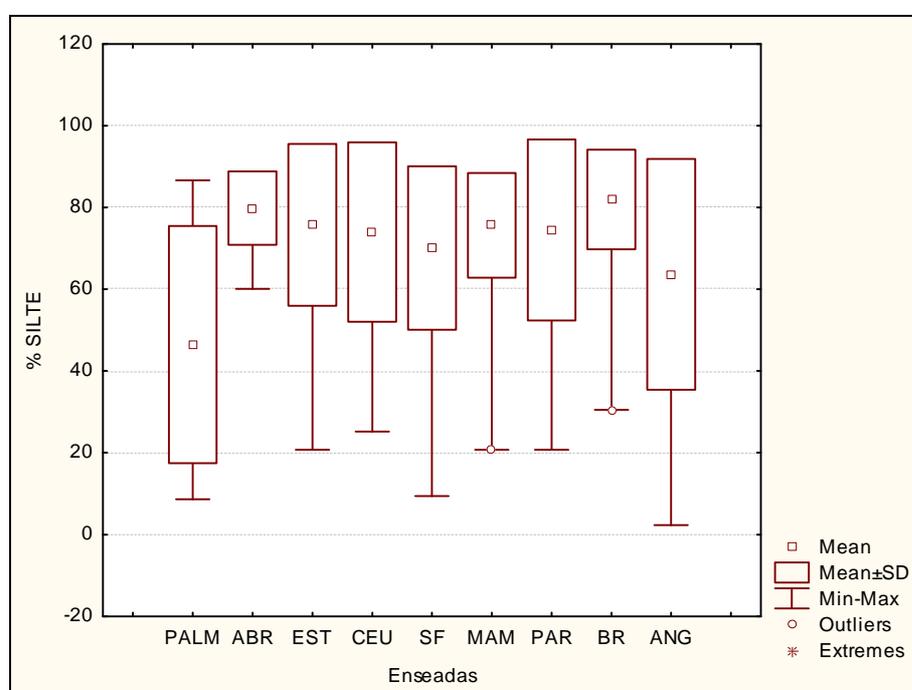


Figura 16 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de silte (%) entre as enseadas.

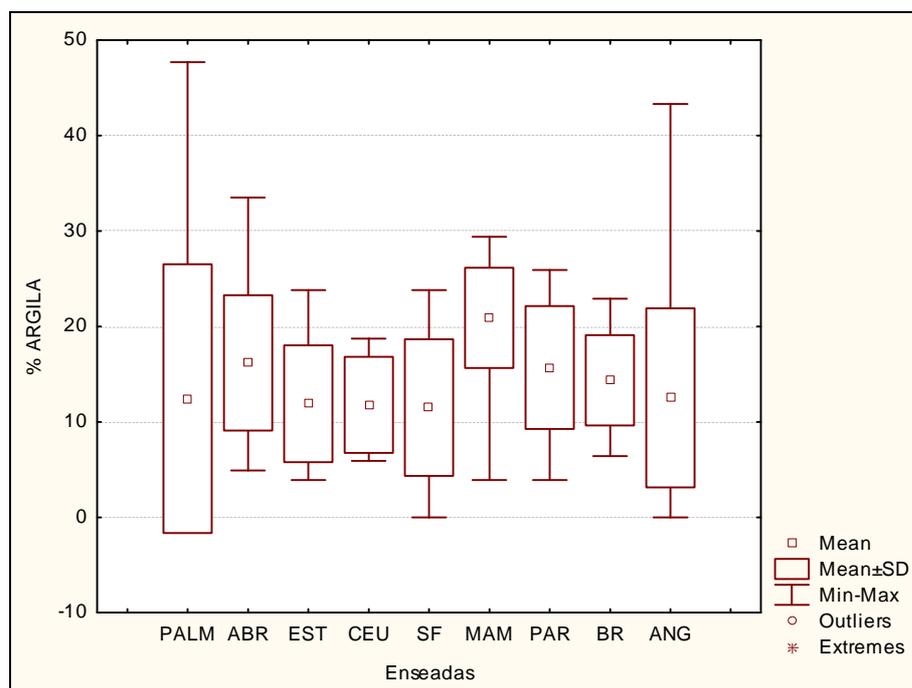


Figura 17 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de argila (%) entre as enseadas.

As diferenças granulométricas observadas entre as enseadas se mantiveram em relação à densidade aparente (Figura 18) e teor de água no sedimento (Figura 19); a enseada de Palmas (que apresentou maior média de teor de areia e menor de teor de silte) mostrou a maior média de densidade aparente ($0,814 \text{ g/cm}^3$) e também o maior valor ($1,375 \text{ g/cm}^3$) entre todas as enseadas estudadas, da mesma forma, apresentou a menor média de teor de água (45,7 %) e o menor valor (19,3 %); a média de densidade aparente de todas as enseadas foi de $0,468 \text{ g/cm}^3$ e de 64 % para teor de água. A enseada do Saco do Mamangá apresentou a menor média de densidade aparente ($0,279 \text{ g/cm}^3$) e a maior média de teor de água (74,5 %) entre todas as enseadas estudadas devido aos menores teores de areia observados.

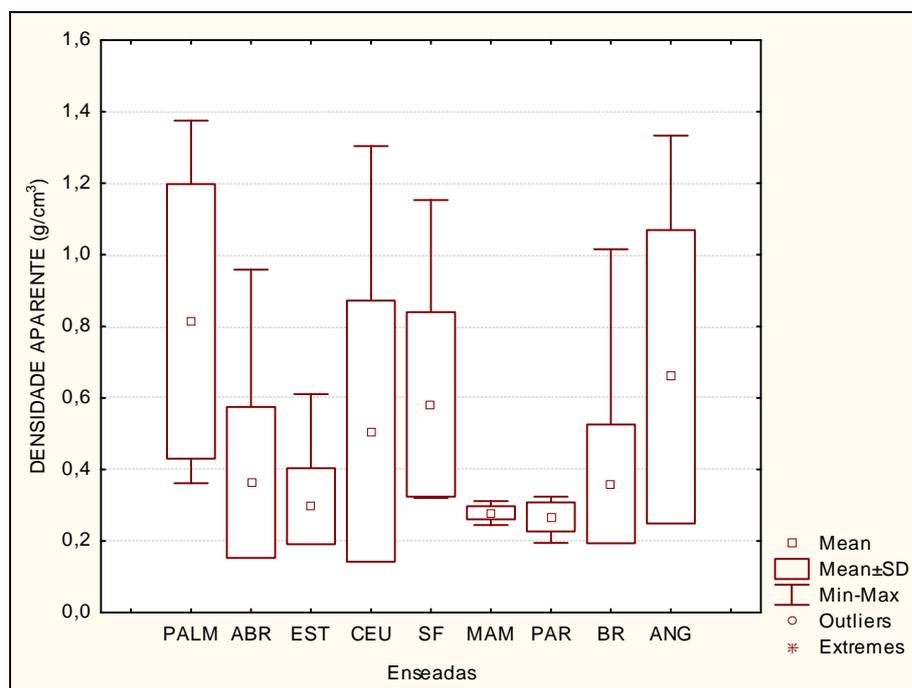


Figura 18 - Gráfico Box Plot para comparação da densidade aparente (g/cm^3) entre as enseadas.

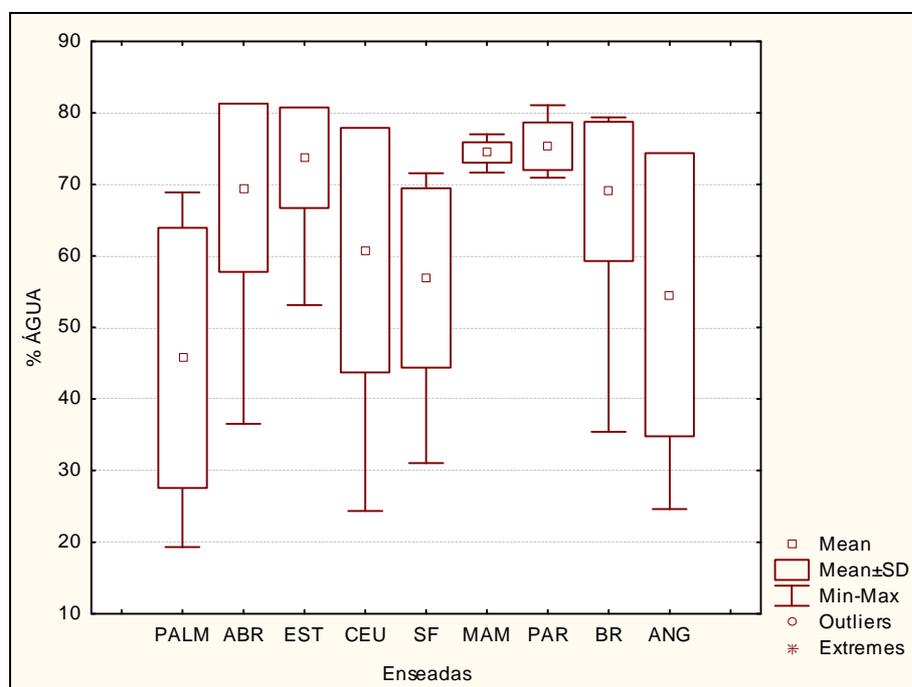


Figura 19 - Gráfico Box Plot para comparação do teor de água (%) entre as enseadas

5.13.4 - Fósforo, matéria orgânica e isótopos ^{13}C e ^{15}N

A comparação entre os dados obtidos nas determinações de fósforo mostrou que as médias de fósforo total (Figura 20) variaram entre 356,75 $\mu\text{g/g}$ (Enseada de Palmas) e 965,28 $\mu\text{g/g}$ (Parati); da mesma forma que a maior média, a enseada de Parati também apresentou os maiores valores de fósforo total (máximo de 1137,41 $\mu\text{g/g}$) impulsionados pelos altos valores de fósforo orgânico (Figura 21) observados nesta enseada (média de 442,95 $\mu\text{g/g}$) comparados aos valores médios de fósforo orgânico observados nas demais enseadas estudadas (inferiores a 270 $\mu\text{g/g}$).

As médias dos valores de fósforo inorgânico (Figura 22) variaram entre 271,54 $\mu\text{g/g}$ em Palmas e 583,75 $\mu\text{g/g}$ na Baía da Ribeira.

Os resultados de fósforo apresentados estão de acordo com os resultados descritos por Fiori (2008) onde são reportados valores de fósforo total entre 160 $\mu\text{g/g}$ e 660 $\mu\text{g/g}$ nas mesmas enseadas analisadas neste estudo, exceto Parati; o menor valor foi observado na Enseada de Sítio Forte e o maior valor na Baía da Ribeira.

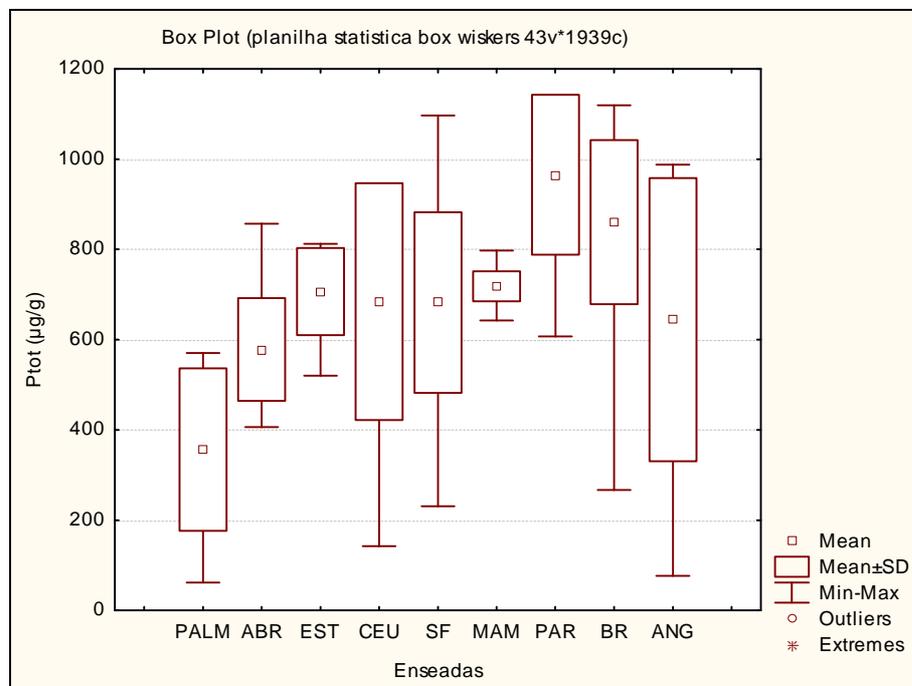


Figura 20 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de fósforo total ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

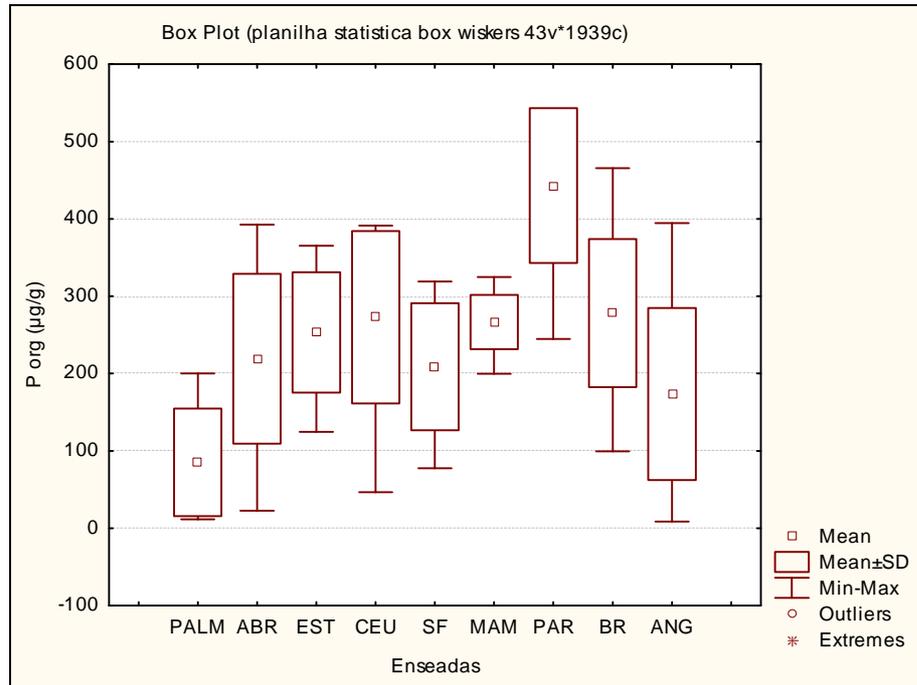


Figura 21 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de fósforo orgânico (µg/g) entre as enseadas.

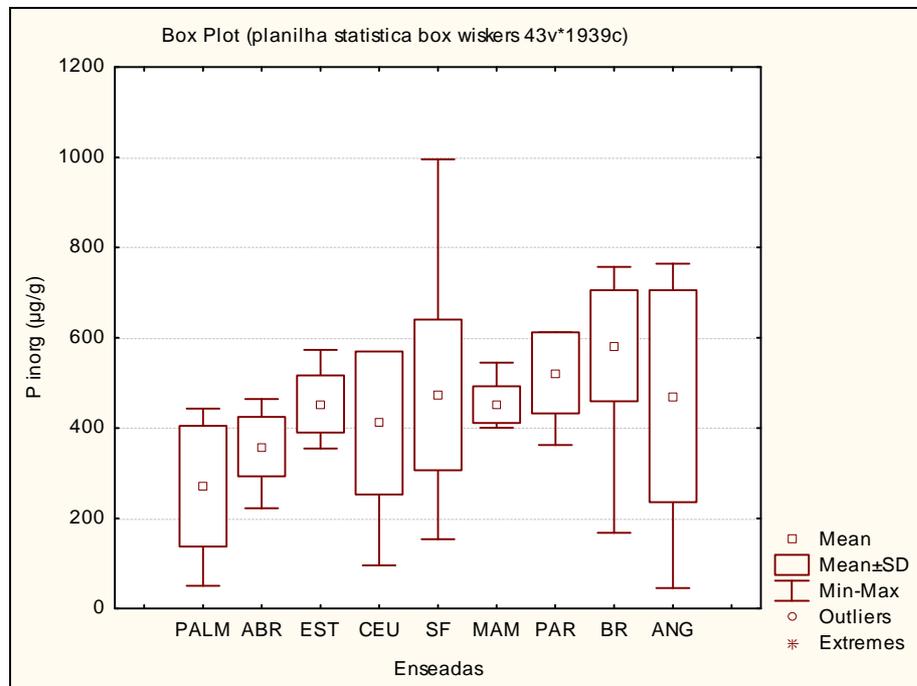


Figura 22 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de fósforo inorgânico (µg/g) entre as enseadas.

A comparação entre os dados obtidos nas análises dos teores de carbono orgânico total (Figura 23) e nitrogênio total (Figura 24) mostraram que os maiores teores foram observados na Enseada da Estrela (3,43 % para COT e 0,34 % para NT) seguido das Enseadas do Saco do Céu (3,12 % para COT e 0,30 % para NT), Baía da Ribeira (3,04 % para COT e 0,32 % para NT) e do Abraão (2,88 % para COT e 0,30 % para NT). Os menores valores foram observados nas Enseadas de Palmas (1,20 % para COT e 0,14 % para NT) seguido de Angra dos Reis (1,40 % para COT e 0,16 % para NT) e do Sítio Forte (1,68 % para COT e 0,19 % para NT); vale ressaltar que estas enseadas apresentaram maiores teores de areia entre os compartimentos estudados. Esta diferença observada nos teores de matéria orgânica pode estar refletindo as diferenças granulométricas observadas entre as enseadas corroborando com Meyers (1997) onde é descrito que sedimentos grosseiros apresentam menores teores de COT comparados com sedimentos de granulometria mais fina.

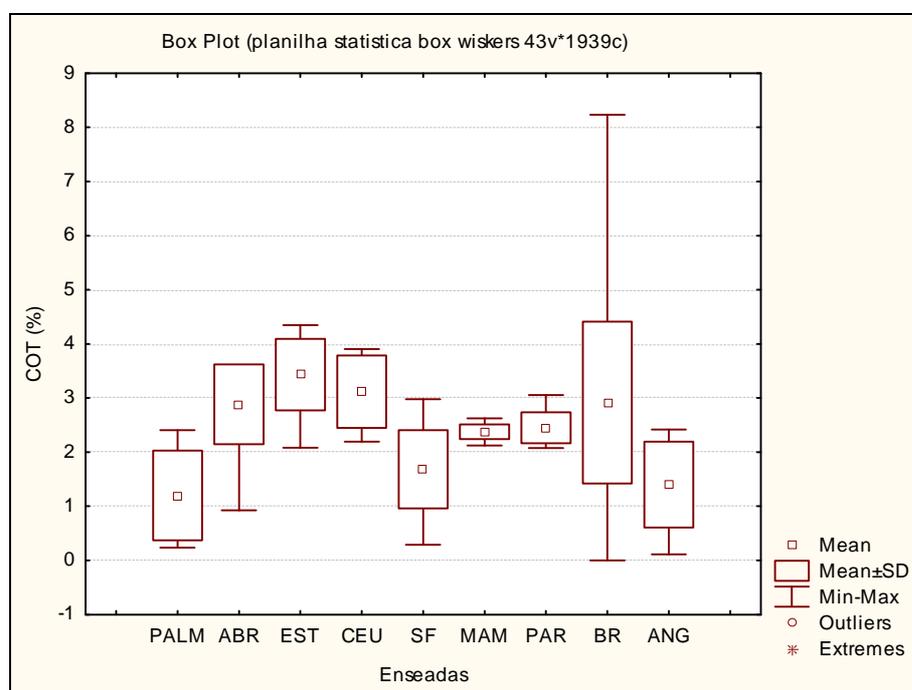


Figura 23 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de carbono orgânico total (%) entre as enseadas.

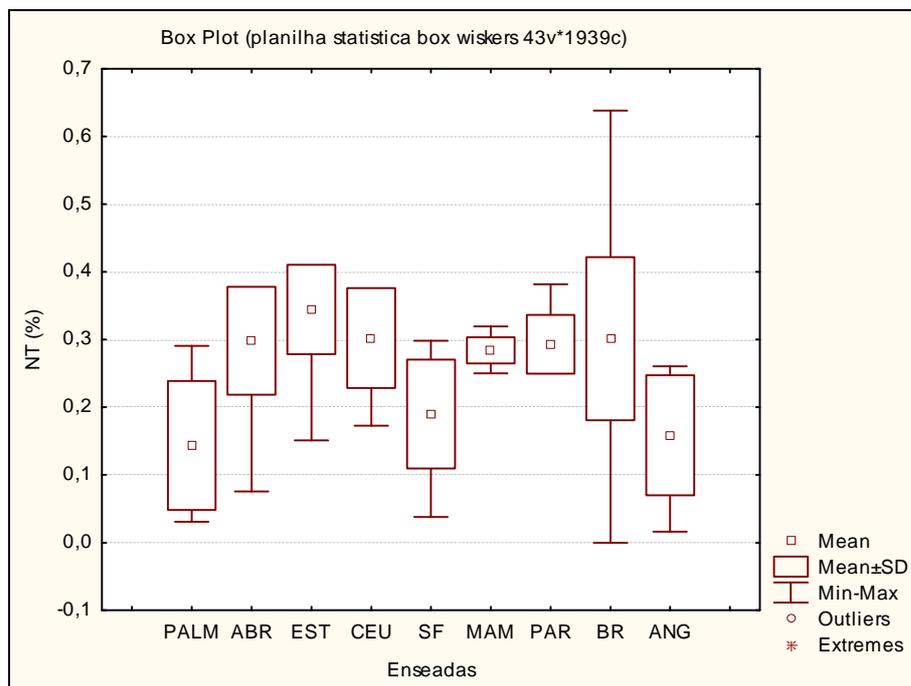


Figura 24 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de nitrogênio total (%) entre as enseadas.

Os valores de COT e NT mostrados estão dentro da faixa de variação mostrada no trabalho de Fiori (2008) onde foram reportados valores de COT entre 1,83 % (Enseada de Palmas) e 3,44 % (Enseada do Abraão) e para NT entre 0,04 % (Enseada do Sítio Forte) e 0,35 % (Enseada da Estrela e do Céu); vale ressaltar que os menores valores tanto de COT quanto de NT deste estudo também foram observados nas Enseadas de Palmas e Sítio Forte e os maiores nas Enseadas de Abraão, Estrela e Saco do Céu. O estudo de Viana (2009) reportou maiores valores de COT em uma área degradada da Baía de Guanabara, com variação entre 4,81 e 8,40 %; já o trabalho de Sym (2007) mostrou altos valores de COT para a região de fundo da Baía de Guanabara (entre 4 e 10 %) refletindo a alta produtividade deste sistema que recebe grande aporte de esgoto *in natura*.

A comparação entre os dados de razão C/N entre as enseadas (Figura 25) indicou que, de uma forma geral, a produtividade na Baía da Ilha Grande é regida pela produção autóctone, ou seja, fitoplanctônica, já que valores da razão C/N entre 4 e 10 indicam que a matéria orgânica tem origem na produtividade algal e valores da razão C/N acima de 20 indica que a matéria orgânica tem origem terrestre, principalmente de plantas vasculares (MEYERS, 1994).

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 26) e $\delta^{15}\text{N}$ (Figura 27) corroboram com os dados de razão C/N reforçando a hipótese de que a matéria orgânica nas enseadas da Baía da Ilha Grande tem como fonte principal a produtividade algal. A matéria orgânica produzida por plantas C3 apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -20 ‰ e -27 ‰, enquanto em plantas C4 estes valores variam entre -7 ‰ e -14 ‰ (MEYERS, 1997); já a matéria orgânica de origem fitoplanctônica apresenta valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -20 ‰ e -25 ‰ (MEYERS, 1994) e valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos a 8,6 ‰, enquanto que a de origem terrestre (plantas C3) apresenta valores de $\delta^{15}\text{N}$ próximos a 0,4 ‰ (Meyers, 1997). A média dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ variou entre -24,63 ‰ (Enseada da Estrela) e -21,40 ‰ (Parati) e a média dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ variaram entre 5,20 ‰ (Baía da Ribeira) e 6,73 ‰ (Saco do Mamangá).

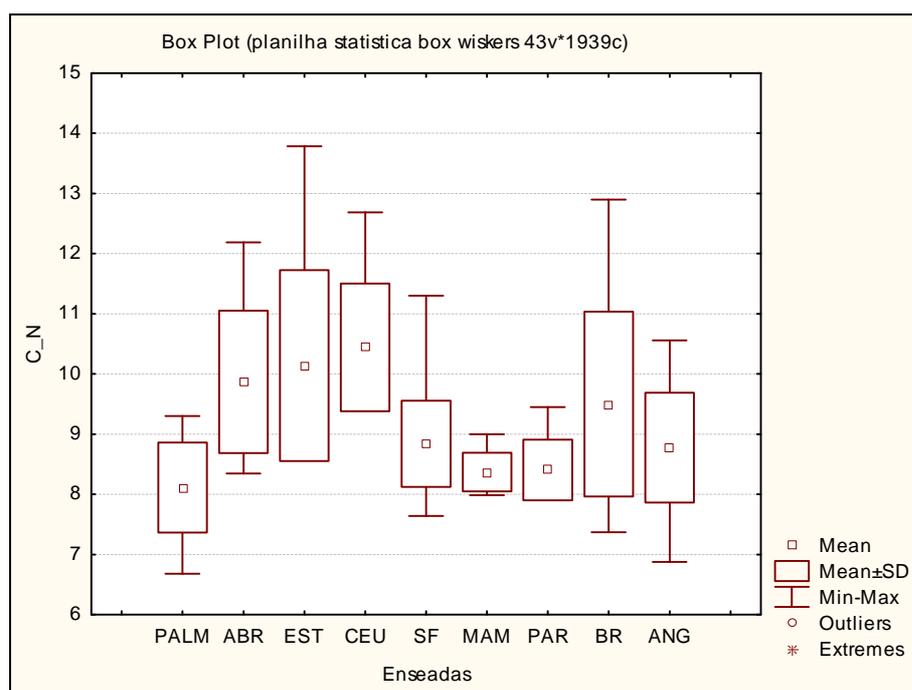


Figura 25 - Gráfico Box Plot para comparação da razão C/N entre as enseadas.

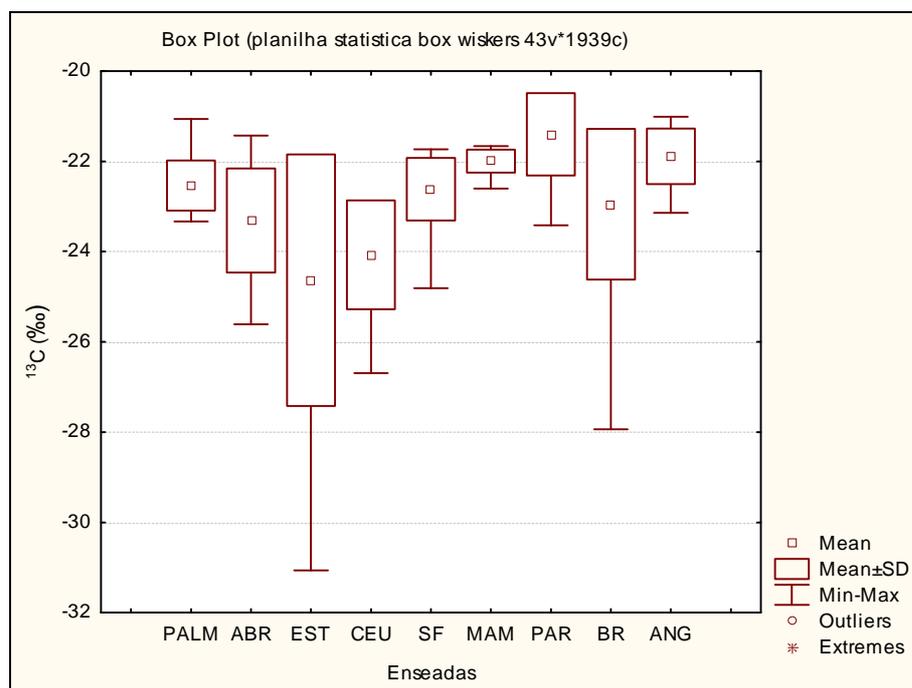


Figura 26 - Gráfico Box Plot para comparação dos valores de isótopo ^{13}C (‰) entre as enseadas.

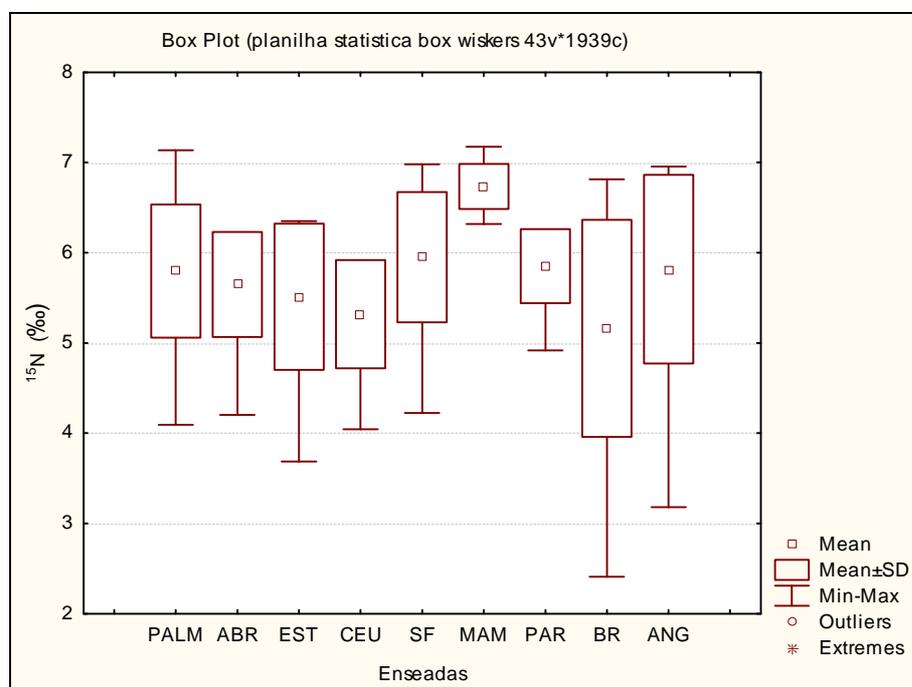


Figura 27 - Gráfico Box Plot para comparação dos valores de isótopo ^{15}N (‰) entre as enseadas.

5.13.5 - Metais

Como mostrado anteriormente, as concentrações de metais observadas nas enseadas da Baía da Ilha Grande, exceto para zinco em Angra dos Reis, não conferem características de áreas degradadas e/ou contaminadas à região. A análise dos dados de metais obtidos neste estudo revelou 2 perfis semelhantes nas enseadas da Baía da Ilha Grande, sendo o primeiro observado nas enseadas da Ilha Grande e o segundo englobando as enseadas da parte continental da baía; a Enseada de Angra dos Reis não se enquadrou nesta observação devido à grande influência antrópica que atinge esta enseada. Na grande maioria dos casos, as concentrações de metais observadas sugerem teores naturais desses metais no ambiente, provavelmente oriundos do intemperismo das rochas do entorno.

5.13.5.1 - Alumínio e Titânio

A comparação entre os resultados de concentração de alumínio (Figura 28) e titânio (Figura 29) entre as enseadas estudadas mostrou que as Enseadas do Saco do Mamangá, Parati e Baía da Ribeira apresentaram os maiores teores destes metais, enquanto que nas Enseadas de Palmas, Sítio Forte e Angra dos Reis foram registradas as menores médias de concentração desses elementos; essas enseadas que possuem menores teores de Al e Ti foram as que apresentaram maiores teores de areia e menores teores de silte/argila indicando que esses elementos podem estar associados às partículas finas do sedimento. Vale ressaltar que os altos valores de Al (5,86 %) e Ti (0,30 %) medidos na Enseada de Palmas foram no ponto PALM 02 que apresenta o menor teor de areia (0,4 %) e, conseqüentemente o maior teor de silte/argila (99,6 %) de toda a enseada.

Os altos valores de concentração de titânio observados na Enseada de Parati podem ser atribuídos à geologia da área que apresenta como rocha predominante a titanita-biotita gnaiss. (EIRADO *et al.*, 2006).

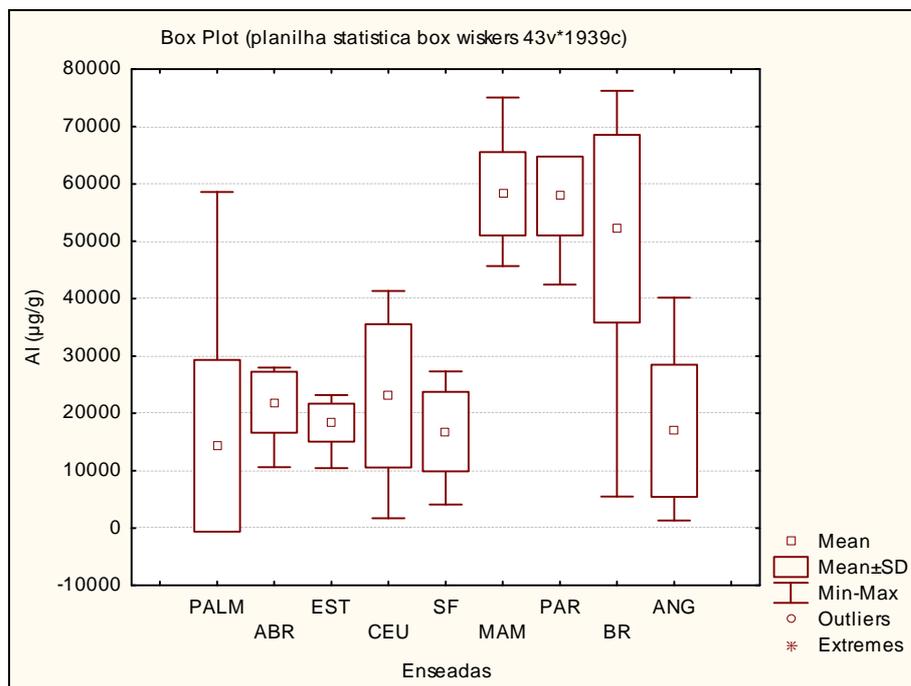


Figura 28 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Al (µg/g) entre as enseadas.

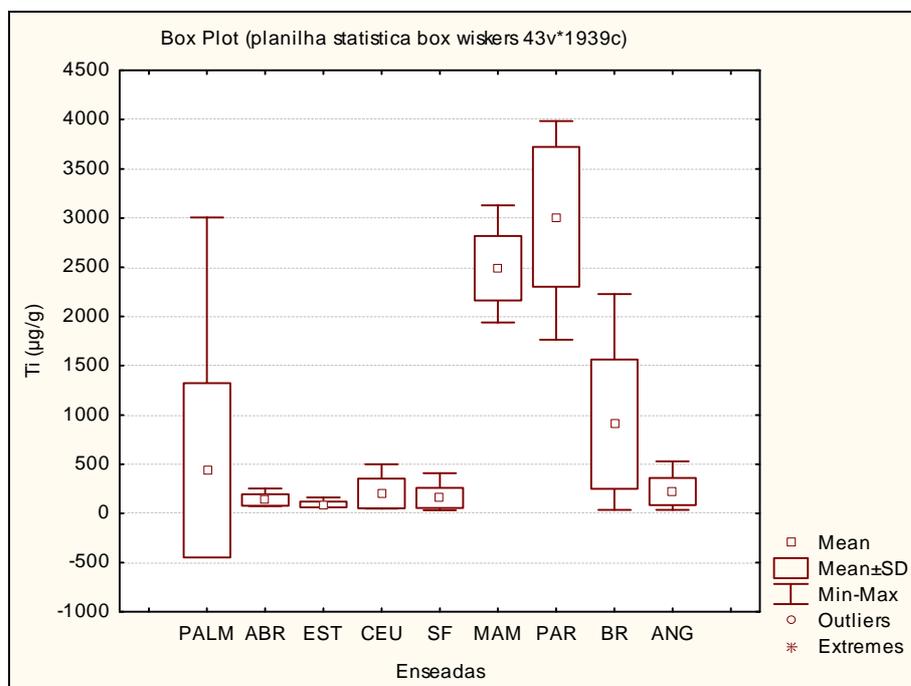


Figura 29 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Ti (µg/g) entre as enseadas.

5.13.5.2 - Ferro e Manganês

A comparação entre os resultados de concentração de ferro (Figura 30) e manganês (Figura 31) entre as enseadas estudadas mostrou que as Enseadas do Saco do Mamanguá, Parati e Baía da Ribeira apresentaram os maiores teores destes metais, da mesma forma que apresentaram as maiores concentrações de Al e Ti. As Enseadas de Palmas, Sítio Forte e Angra dos Reis apresentaram os menores teores desses elementos. Este resultado pode ser explicado pelas diferenças granulométricas observadas entre essas enseadas acima citadas, já que onde foram reportados altos valores de Fe e Mn também foram observados os maiores teores de silte/argila, e os óxidos e hidróxidos de ferro e manganês podem estar associados à superfície das argilas (RYBICKA *et al.*, 1995).

Além disso, estes metais são sensíveis às condições redox do sedimento; em condições oxidantes a formação de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês (compostos insolúveis) é favorecida (FÖRSTNER & WITTMAN, 1979). Estes óxidos podem ser consumidos em parte pela respiração anaeróbica bacteriana (BERNER, 1980), por reações com sulfetos dissolvidos (H_2S) nas águas intersticiais (THAMDRUP *et al.*, 1994) ou por reação com os sulfetos de Fe (FeS e pirita) gerados nestes ambientes redutores (SCHIPPERS & JØRGENSEN, 2001).

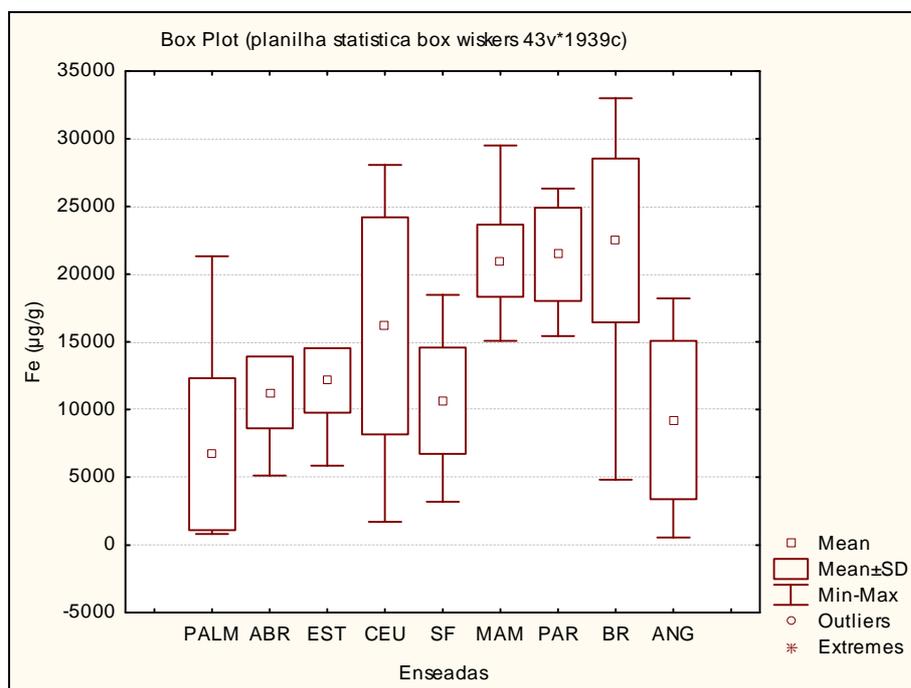


Figura 30 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Fe (µg/g) entre as enseadas.

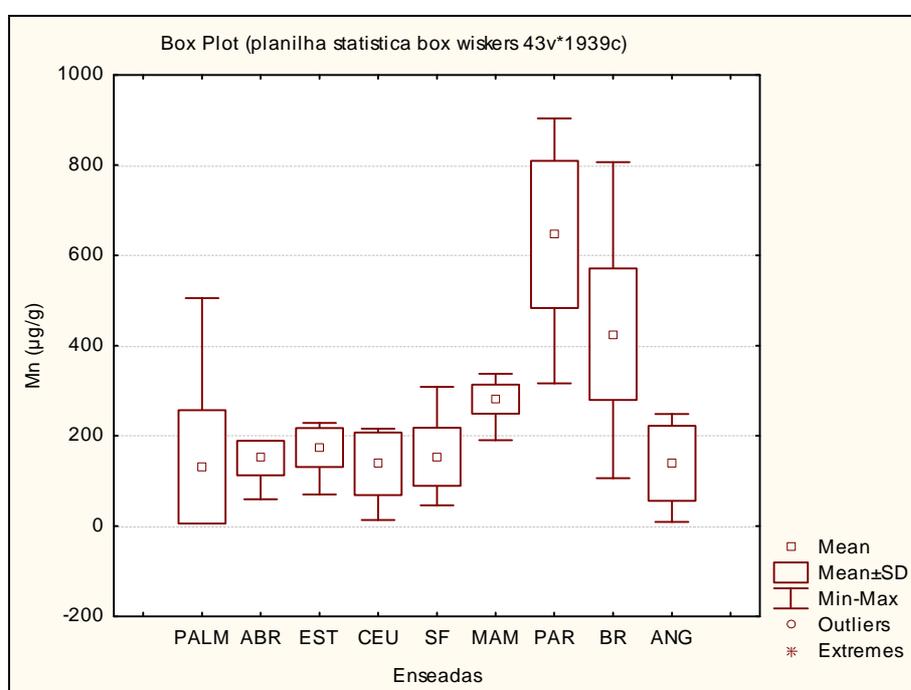


Figura 31 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Mn (µg/g) entre as enseadas.

5.13.5.3 - Bário

A comparação entre os resultados de concentração de bário (Figura 32) entre as enseadas estudadas mostrou que a maior média, bem com os maiores valores foram observados na Enseada de Parati (média de 98 $\mu\text{g/g}$ e máximo de 156 $\mu\text{g/g}$) seguido do Saco do Mamanguá (média de 60,4 $\mu\text{g/g}$); as menores médias foram observadas nas Enseadas de Palmas (17,6 $\mu\text{g/g}$) e Angra dos Reis (19,9 $\mu\text{g/g}$). Os baixos valores medidos de bário na Baía da Ilha Grande podem estar relacionados às baixas proporções de feldspatos observadas em todas as enseadas, visto que este elemento encontra-se associado à feldspatos no sedimento.

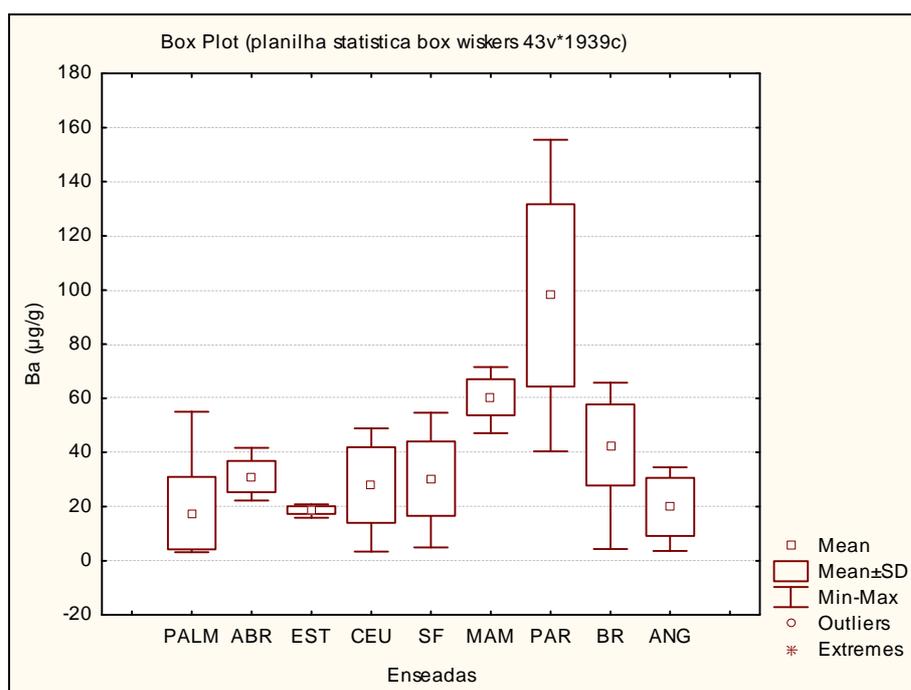


Figura 32 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Ba ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.4 - Cádmi

A comparação entre os resultados de concentração de cádmio (Figura 33) das enseadas estudadas mostrou que as maiores médias foram observadas nas Enseadas de Parati (1,83 $\mu\text{g/g}$), Saco do Mamanguá (1,74 $\mu\text{g/g}$) e Baía da Ribeira (1,53 $\mu\text{g/g}$), enquanto que as menores médias foram medidas na Enseada de Palmas (0,56 $\mu\text{g/g}$) e Sítio Forte (0,55 $\mu\text{g/g}$). Esta diferença observada indica influência dos distintos perfis geológicos observados entre as enseadas da Ilha Grande e as enseadas da parte continental da baía. Na Enseada de Angra dos Reis foi observado um alto valor de cádmio nos pontos ANG 10 (2,99 $\mu\text{g/g}$) e ANG 11 (2,20 $\mu\text{g/g}$), que pode sugerir contaminação por esse metal próximo a esses pontos oriundo de atividade industrial e/ou portuária.

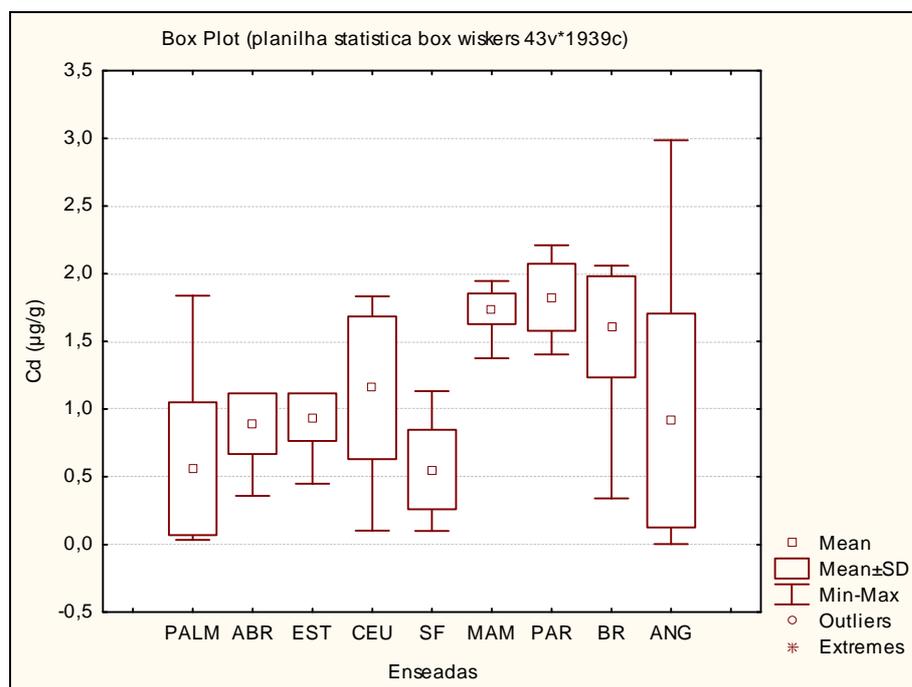


Figura 33 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Cd ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.5 - Cromo

A comparação entre os resultados de concentração de cromo (Figura 34) das enseadas estudadas mostrou que as maiores médias foram observadas nas Enseadas do Saco do Mamanguá (61,7 $\mu\text{g/g}$), Parati (56,2 $\mu\text{g/g}$) e Baía da Ribeira (55,9 $\mu\text{g/g}$), enquanto que as menores médias foram observadas na Enseada de Palmas (21,4 $\mu\text{g/g}$). Esta diferença observada indica influência dos distintos perfis geológicos observados entre as enseadas da Ilha Grande e as enseadas da parte continental da baía. Mesmos os maiores valores observados na Baía da Ribeira não são característicos de contaminação antrópica; Soares (1992) determinou as concentrações de cromo total em sedimento superficial do Saco do Mamanguá e os resultados, em comparação com a literatura, indicaram que a região pode ser considerada livre de contaminação por atividade humana.

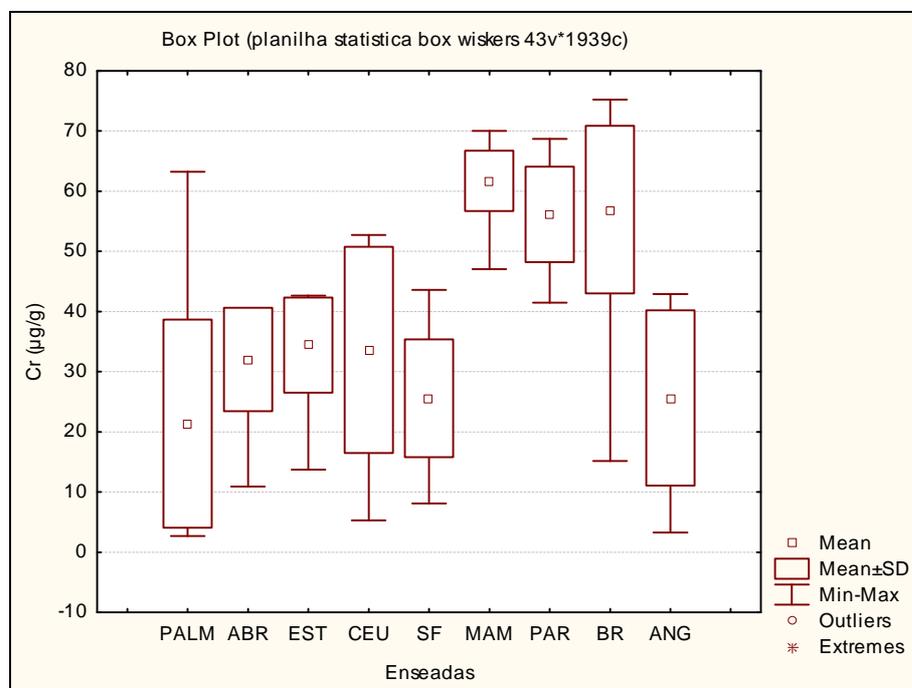


Figura 34 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Cr ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.6 - Cobre

A comparação entre os resultados de concentração de cobre (Figura 35) das enseadas estudadas mostrou que as maiores concentrações foram observadas nas enseadas de Parati (10,3 $\mu\text{g/g}$), Saco do Mamangá (9,75 $\mu\text{g/g}$) e Baía da Ribeira (9,58 $\mu\text{g/g}$), enquanto que as menores concentrações foram observadas nas enseadas de Palmas (3,21 $\mu\text{g/g}$) e Sítio Forte (4,51 $\mu\text{g/g}$). Esta diferença observada indica influência dos distintos perfis geológicos observados entre as enseadas da Ilha Grande e as enseadas da parte continental da baía. Todos os valores medidos encontram-se abaixo do nível limiar de efeitos na biota definidos por Buchman (1999) - 18,7 $\mu\text{g/g}$, e não conferem características de contaminação antrópica por cobre na Baía da Ilha Grande.

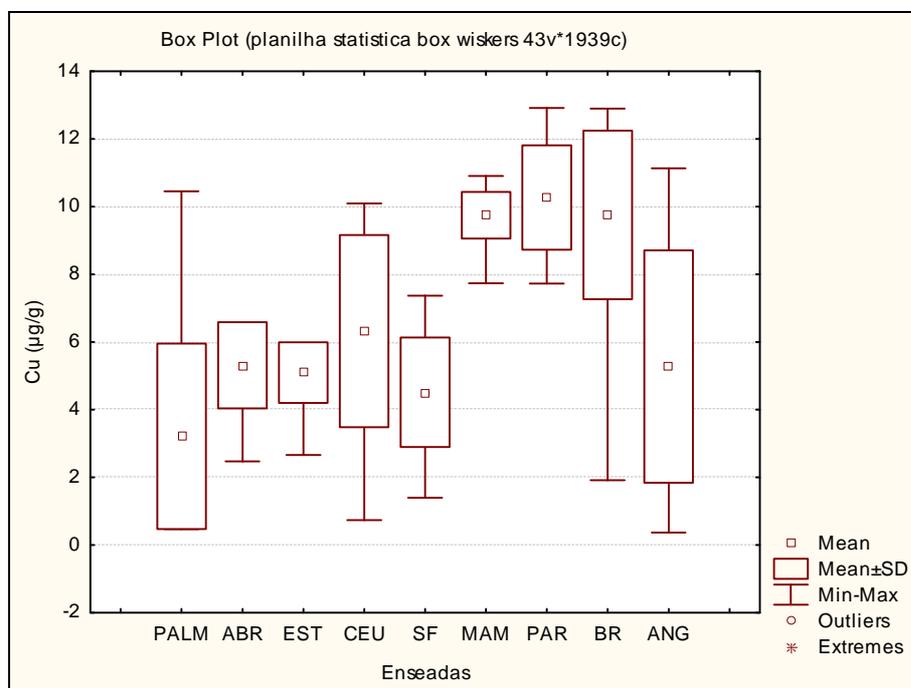


Figura 35 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Cu ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.7 - Níquel

A comparação entre os resultados de concentração de níquel (Figura 36) das enseadas estudadas mostrou que as maiores concentrações foram observadas nas enseadas da Baía da Ribeira (29,7 $\mu\text{g/g}$), Saco do Mamanguá (26,0 $\mu\text{g/g}$) e Parati (25,6 $\mu\text{g/g}$) enquanto que as menores concentrações foram medidas nas enseadas de Sítio Forte (3,67 $\mu\text{g/g}$), Palmas (4,33 $\mu\text{g/g}$) e Angra dos Reis (8,02 $\mu\text{g/g}$). Apenas em 1 ponto da Baía da Ribeira (BR 04) foi observada concentração de níquel (54,0 $\mu\text{g/g}$) acima dos valores onde há elevada probabilidade de ocorrer efeitos tóxicos a organismos sensíveis definidos por Buchman (1999) - 51,6 $\mu\text{g/g}$; este é o ponto mais interno desta enseada, mais próximo à área industrial e também, provavelmente, das fontes poluidoras especulando-se que esse níquel seja proveniente de atividade industrial.

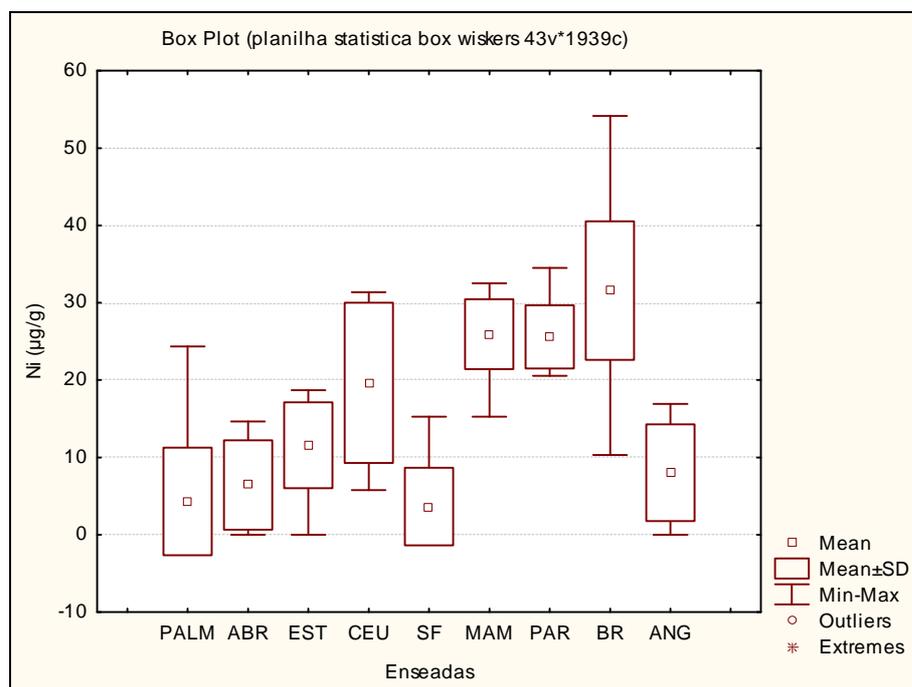


Figura 36 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Ni ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.8 - Chumbo

A comparação entre os resultados de concentração de chumbo (Figura 37) das enseadas estudadas mostrou que as maiores concentrações foram observadas na enseada de Angra dos Reis (25,5 $\mu\text{g/g}$); nas demais enseadas não houve grande variação nas concentrações de chumbo medidas no sedimento superficial (entre 16,0 $\mu\text{g/g}$ em Abraão e 20,6 $\mu\text{g/g}$ em Parati). Este elemento encontra-se associado a feldspatos e a pequena variação observada entre as enseadas pode ser consequência dos teores semelhantes deste grupo mineral em todos os compartimentos analisados.

Todos os valores médios medidos encontram-se abaixo do nível limiar de efeitos na biota definidos por Buchman (1999) - 30,2 $\mu\text{g/g}$, e não conferem características de contaminação antrópica por cobre na Baía da Ilha Grande. Os altos valores de chumbo medidos em alguns pontos da Enseada de Angra dos Reis (ANG 10, 11 e 16) sugerem como fonte deste elemento atividade portuária, principalmente, visto que este ponto localizam-se próximos ao porto de Angra dos Reis.

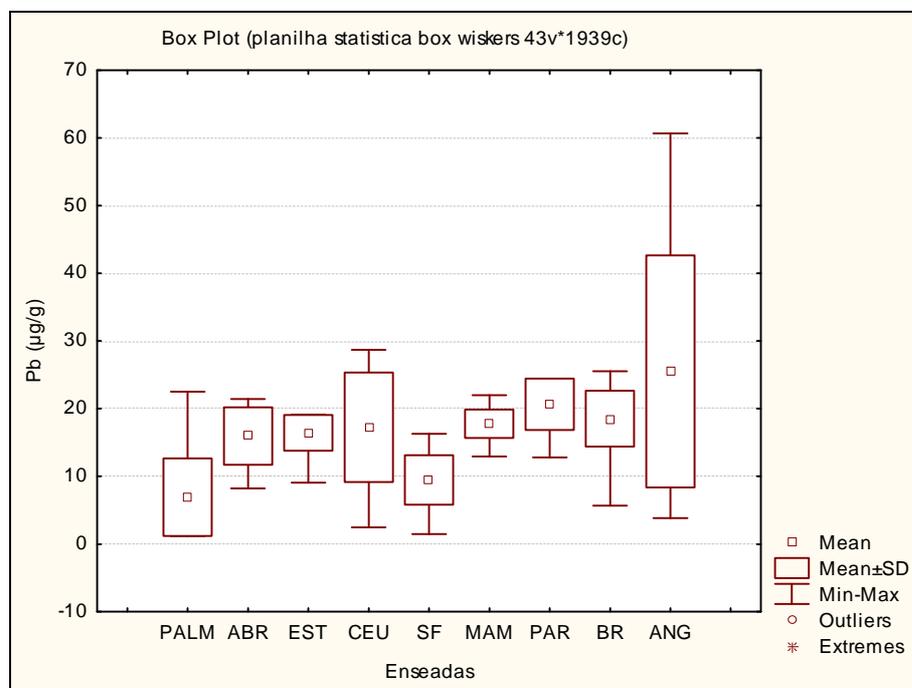


Figura 37 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Pb ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.9 - Vanádio

A comparação entre os resultados de concentração de vanádio (Figura 38) das enseadas estudadas mostrou que as maiores concentrações foram observadas nas enseadas de Parati (72,4 $\mu\text{g/g}$), Saco do Mamangá (65,9 $\mu\text{g/g}$) e Baía da Ribeira (46,1 $\mu\text{g/g}$), enquanto que nas demais enseadas não houve grande variação nas concentrações médias de vanádio medidas (entre 28,3 $\mu\text{g/g}$ no Saco de Céu e 13,5 $\mu\text{g/g}$ em Palmas). Esta diferença observada indica influência dos distintos perfis geológicos observados entre as enseadas da Ilha Grande e as enseadas da parte continental da baía.

Todos os valores medidos encontram-se abaixo da concentração definida por Cardoso *et al.* (2001) como nível de background para vanádio nesta região - 105 $\mu\text{g/g}$, e não conferem características de contaminação antrópica por cobre na Baía da Ilha Grande.

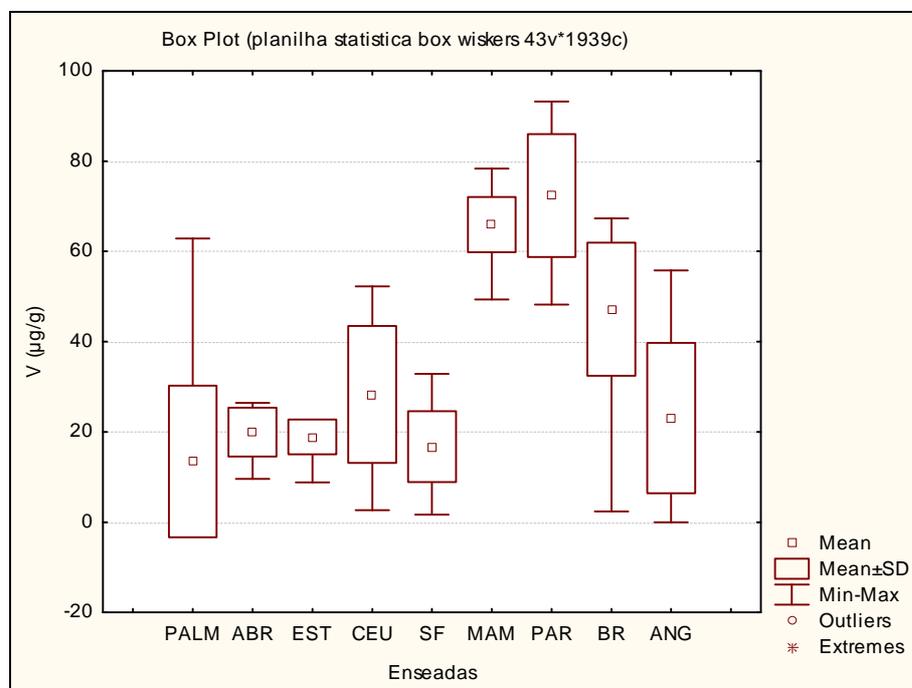


Figura 38 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de V ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

5.13.5.10 - Zinco

A comparação entre os resultados de concentração de zinco (Figura 39) das enseadas estudadas mostrou que as maiores concentrações foram observadas na Enseada de Angra dos Reis (média de 137 $\mu\text{g/g}$ e máximo de 789 $\mu\text{g/g}$ no ponto ANG 10); nas demais enseadas não foram observadas grandes variações nas concentrações de zinco no sedimento (médias entre 37,2 $\mu\text{g/g}$ em Palmas e 92,6 $\mu\text{g/g}$ em Parati). Para melhor visualização da variação da concentração de zinco entre as enseadas, excluiu-se Angra dos Reis do gráfico Box Plot (Figura 40); desta forma é possível observar que as maiores concentrações de zinco foram medidas nas enseadas da parte continental da baía em comparação com as enseadas da Ilha Grande indicando influência dos distintos perfis geológicos observados entre essas áreas.

O ponto ANG 16 apresentou concentração de zinco (175 $\mu\text{g/g}$) acima do nível limiar de efeitos na biota definidos por Buchman (1999) - 124 $\mu\text{g/g}$, e os pontos ANG 10 e 11 apresentaram concentrações deste metal (789 $\mu\text{g/g}$ e 505 $\mu\text{g/g}$, respectivamente) acima dos valores onde há elevada probabilidade de ocorrer efeitos tóxicos a organismos sensíveis definidos por Buchman (1999) - 410 $\mu\text{g/g}$. Os altos valores observados nesses pontos da Enseada de Angra dos Reis sugerem contaminação antrópica por zinco próximo à estes pontos de amostragem por deposição atmosférica, proveniente de efluentes industriais e domésticos e, principalmente, atividade portuária visto que nesta área existem portos que geram grande tráfego de embarcações de médio e grande porte.

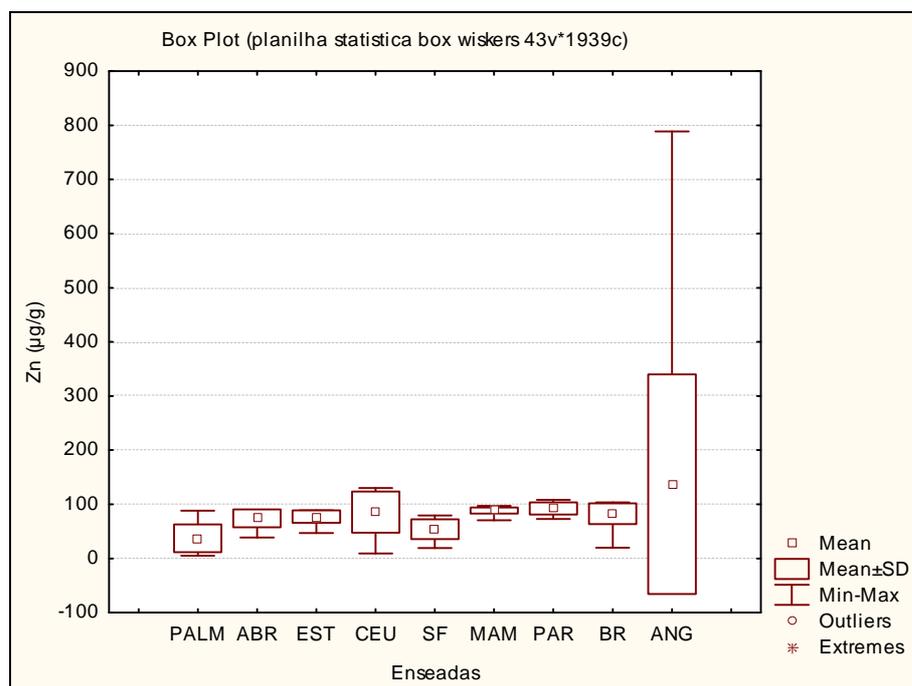


Figura 39 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Zn ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas.

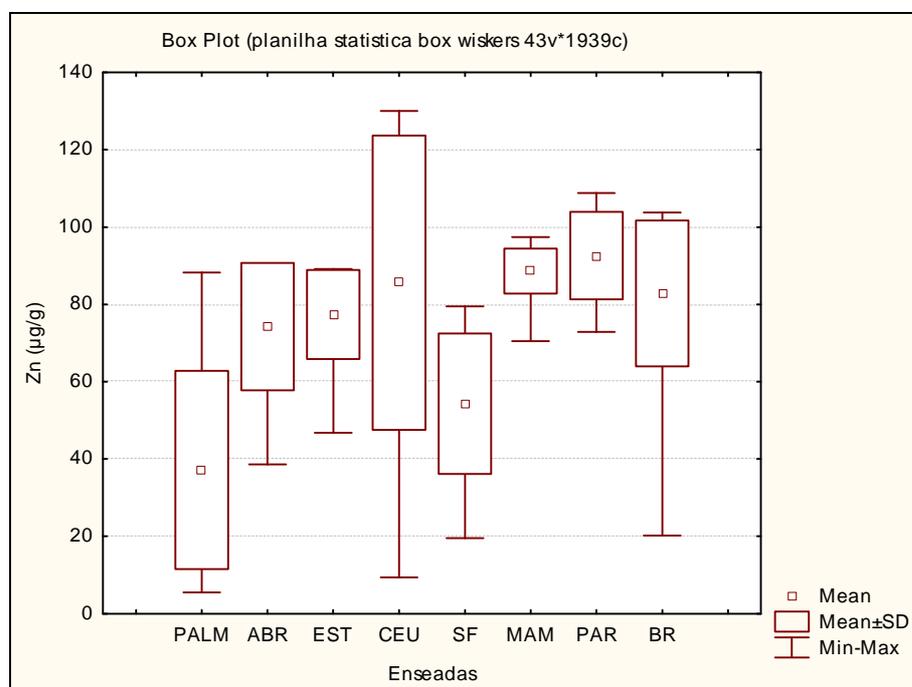


Figura 40 - Gráfico Box Plot para comparação da concentração de Zn ($\mu\text{g/g}$) entre as enseadas, excluindo a Enseada de Angra dos Reis.

6 - CONCLUSÕES

Tendo em vista os dados obtidos neste estudo e as discussões aqui apresentadas, pode-se concluir que:

- o sedimento superficial das enseadas da Baía da Ilha Grande apresenta composição mineralógica com influência de material de origens terrestre e marinha; os minerais calcita e aragonita caracterizaram a influência marinha enquanto que os aportes de minerais de origem continental ficaram caracterizados pela presença de biotita, albita, quartzo e argilominerais (esmectita, illita e caulinita). A caulinita foi, de uma forma geral, o principal mineral constituinte dos sedimentos analisados determinando a característica de ambiente deposicional de baixa energia;
- os métodos de normalização geoquímica referente aos dados de metais não se aplicaram adequadamente a este estudo pois os elementos conservativos utilizados nesses procedimentos de normalização (alumínio e titânio) apresentaram, de uma forma geral, coeficientes de variação maiores do que dos metais analisados;
- de uma forma geral, as enseadas da Baía da Ilha Grande apresentam sedimento superficial com granulometria fina, constituído basicamente de silte e argila concordando com os dados mineralógicos obtidos; as enseadas de Palmas, Angra dos Reis e Sítio Forte apresentaram os maiores teores de areia dentre as enseadas estudadas;
- as análises de fósforo indicaram uma maior contribuição de fósforo inorgânico na composição dos teores de fósforo total comparados a contribuição de fósforo orgânico, exceto na enseada de Parati que

apresentou grandes concentrações de fósforo orgânico provavelmente oriundo do sistema florestal da bacia adjacente. Os valores encontrados são elevados se comparados a outros sistemas estuarinos entretanto quando comparadas entre enseadas observa-se que áreas com altas densidades populacionais não apresentam concentrações de fósforo que representem contaminação por efluentes domésticos;

- de uma forma geral, a matéria orgânica sedimentar na Baía da Ilha Grande é proveniente da produtividade algal, regida pela produção autóctone, com menor influência de plantas terrestre vasculares;
- os pontos ANG 10 e ANG 11 revelaram possível contaminação antrópica visto que foram observadas altas concentrações de cádmio, chumbo e zinco, sugerindo contaminação por atividade industrial e principalmente atividade portuária, visto que estes pontos localizam-se próximos ao porto de Angra dos Reis;
- as concentrações de metais observadas nas enseadas da Baía da Ilha Grande, exceto para zinco em Angra dos Reis, não conferem características de áreas degradadas e/ou contaminadas à região.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONGI, D. M.; BOTO, K. G. & ROBERTSON, A. I. 1992. Nitrogen and phosphorus cycles. *American Geophysical Union*, **32**: 251-291 p.
- ALVES, A. R. 2003. Correntes associadas à propagação de ondas longas; aplicação ao canal da Baía da Ilha Grande. *Anais Hidrográficos*. Tomo LIX. Diretoria de Hidrografia e Navegação, **59**: 71-77 p.
- ARMELIN, M. J. A.; TREVIZAM, A. R.; ABREU Jr., C. H. & SAIKI, M. 2008. Characterization and phytoavailability evaluation of micronutrients and contaminants in some Brazilian phosphate fertilizers. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **278** (2): 513-516 p.
- ASPILA, K.I., ARGEMIAN, H. & CHAU, A.S.Y. 1976. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphorus in sediments. *Analyst*, **101**: 187-197 p.
- ATLAS, R. M & BARTHA, R. 1993. Microbial Ecology, Fundamentals and Applications. 3ª edição, Springer-Verlag, New York, 563 p.
- BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J. & MCALLISTER, J. J. 2000. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. *Environmental Pollution*, v. **109**, 1-9 p.
- BEARTAUX, J., FRÖHLICH, F. & IDEFONSE, P. 1998. Multicomponent analysis of FTIR spectra: quantification of amorphous and crystallized mineral phases in synthetic and natural sediments. *Journal of Sedimentary Research*, **68**: 440-447.
- BERNARDES, R.A. Estrutura e dinâmica da ictiofauna do Saco do Mamanguá (Parati - RJ). São Paulo, 145 p. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Universidade de São Paulo.
- BERNER, R. A. 1980. Early diagenesis. Princeton: Princeton University Press, 241 p.
- BERNER, E. K. & BERNER R. A. 1996. Global environment water, air e geochemical cycles. Library of Congress-in Publication data, 376 p.

- BETO, W. C.; DIAS, G. T. M. & DIAS, M. S. 2002. O fundo marinho da baía da Ilha Grande, RJ: o relevo submarino e a sedimentação no canal central. *Revista Brasileira de Geofísica*, **20**: 234-241 p.
- BIDONE, E. D.; FERNANDEZ, H. M.; SILVA-FILHO, E. V. & dos SANTOS, L. F. T. 1993. Statistical modelling of heavy metal partitioning among their geochemical carriers in sediments of Ribeira Bay, Rio de Janeiro, Brazil. A critical analysis. *Environmental Technology*, **14**: 271-276 p.
- BOROVEC, Z., 1996. Evaluation of the concentrations of trace elements in stream sediments by factor and cluster analysis and the sequential extraction procedure. *Science Environmental*, **177**: 237-250 p.
- BUCHMAN, M. F. 1999. NOAA Screening Quick Reference Table, NOAA HAZMAT Report 99-1, Seattle WA Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- CALMANO, W.; HONG, J.; FÖRSTNER, U. 1993. Binding and mobilization of heavy metals in contaminated sediments affected by pH and redox potential. *Water Science and Technology*, **28**: 223-235 p.
- CARDOSO, A. G. A.; BOAVENTURA, G. R.; SILVA FILHO, E. V. & BROAD, J. A. 2001. Metal distribution in sediments from the Ribeira Bay, Rio de Janeiro – Brazil. *Journal of Brazilian Chemical Society*, **12** (6): 767-774 p.
- CARVALHO, C. E. V. & LACERDA, L. D., 1992. Heavy metals in the Guanabara Bay biota: why such low concentrations? *Ciência e Cultura*, **44**: 184-186 p.
- CASSARETT & DOULL'S 1995. Toxicology: The basic science of poison. 5ª edição - International Edition. 1051p.
- CASTRO, H. O. & ROCHA, R. L. S. 1984. Geologia das folhas de Mangaratiba, Ilha Grande, Cunhambebe, Angra dos Reis, Rio Mambucaba/Campos de Cunha, Parati, Cunha, Picinguaba e Juatinga - RJ. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, RJ. 2355 - 2367 p.
- CHOI, S. C.; WAI, O. W. H.; CHOI, T. W. H.; LI, X. D. & TSANG, C. W. 2006. Distribution of cadmium, chromium, copper, lead and zinc in marine sediments in Hong Kong waters. *Environmental geology*, **51**: 455-461.

CREED, J. C.; PIRES, D. O. & FIGUEREDO, M. A. O. (Orgs.) 2007. Biodiversidade Marinha da Baía da Ilha Grande. Brasília, MMA, 417 p.

CORDEIRO, R. C. Mudanças paleoambientais e ocorrência de incêndios nos últimos 7400 anos, na região de Carajás, Pará. Niterói, 1996. 144 p. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica), Departamento de Geoquímica – Universidade Federal Fluminense.

COSTANZO, S. D.; O'DONOHUE, M. J.; DENNISON, W. C.; LONERAGAN, N. R. & THOMAS, M. 2001. A new approach for detecting and mapping sewage impacts. *Marine Pollution Bulletin*, v. **42**, 149-156 p.

DASKALAKIS, K. D. & O'CONNOR, T. P. 1995. Normalization and elemental sediment contamination in the Coastal United States. *Environmental Science and Technology*, v. **29**, 470-477 p.

DIAS, G. T. M.; PEREIRA, M. de A. A. & DIAS I. M. 1990. Mapa geológico: geomorfológico da Baía da Ilha Grande e zona costeira adjacente, esc. 1:80000. *Relatório Interno Lagemar*. Universidade Federal Fluminense.

DORNELLES, L. M. A. 1993. Metais pesados nos sedimentos da plataforma continental entre Ilha Grande e Cabo Frio (RJ) e suas associações com a granulometria, conteúdo de carbonato de cálcio e matéria orgânica. Niterói, 155 p. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica), Departamento de Geoquímica – Universidade Federal Fluminense.

EIRADO, L. G.; HEILBRON, M. & ALMEIDA, J. C. H. 2006. Os terrenos tectônicos da faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **36** (3): 426-436 p.

ESTEVES, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª edição. Interciência, Rio de Janeiro, 601 p.

FERNANDES, G. A. 2000. Contribuição ao entendimento geológico do Terreno Oriental da Faixa da Ribeira na Baía da Ilha Grande, litoral sul fluminense, RJ. Rio de Janeiro, 108 p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Faculdade de Geologia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

- FERNANDEZ, H. M.; CONTI, L. F. C. & PATCHINEELAM, S. R. 1994. An assessment of the pollution of heavy metals in Jacarepaguá Basin, Rio de Janeiro, Brazil: a statistical approach. *Environmental Technology*, **15**: 87-94 p.
- FIORI, C. S. 2008. Integração de indicadores geoquímicos e biológicos na avaliação da contaminação de sedimentos por metais pesados em regiões costeiras do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense. 263 p.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **27**: 3-26 p.
- FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, Berlin, 436 p., 1979.
- FUKUE, M.; YANAI, M.; SATO, Y.; FUJIKAWA T.; FURUKAWA, Y. & TANIC, S. 2006. Background values for evaluation of heavy metal contamination in sediments. *Journal of Hazardous Materials*, **136**, 111-119 p.
- GIANNINI, P. C. F. 2003. Depósitos e rochas sedimentares. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F. (Orgs.). Decifrando a Terra. Editora Oficina dos Textos, 2ª edição, São Paulo, 285-304 p.
- GOLDHABER, M. B. 2003. Sulfur-rich Sediments. *In*: HOLLAND, H. D. & TUREKIAN, K. K. (Eds.). Treatise on Geochemistry. Elsevier publishers, **7**, 257-288 p.
- GRASSHOFF, K.; ÉRHARDT, M. & KREMLING, K. (Eds.). Methods of seawater analysis, 2º ed. Berlin Spring-Verlag. 1983
- HAKANSON, L. & JANSSON, M. 1983. Principles of lakes sedimentology. Springer-Verlag, New York, 363 p.
- HEDGES, J. I. & OADES, J. M. 1997. Comparative organic geochemistries of solis and marine sediments. *Organic Geochemistry*, **27**, 319-361 p.
- HUERTA-DIAZ, M.A. 2008. Diagnosis of trace metal contamination in sediments: the example of Ensenada and El Sauzal, two harbors in Baja California, Mexico. *Marine Environmental Research*, **66**, 345–358 p.

- IP, C. C. M.; LI, X.-D.; ZHANG, G.; WAI, O. W. H. & LI, Y.-S. 2006. Trace metal distribution in sediments of the Pearl River Estuary and the surrounding coastal area, South China. *Environmental Pollution*, **147**(2): 311-323 p.
- IKEDA, Y. & STEVENSON, M. 1980. Determination of the circulation and short period fluctuation in Ilha Grande Bay (RJ), Brazil. *Bolm. Inst. Oceanog.*, São Paulo. **29**(1): 89-98 p.
- JAHNKE, R. A. O ciclo do fósforo. In: BUTCHER, S. S.; CHARLSON, R. J.; ORIAN, G. H.; WOLFE, G. V. (Eds.) 1992. Global Biogeochemical Cycles. Academic press, 301-313 p.
- JESUS, H.C., COSTA, E.A., MENDONÇA, A.S.F. & ZANDONADE, E, 2004. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Química Nova*, **27**: 378-386 p.
- JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. 1995. Tratamento de esgotos doméstico. 3ª edição, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), Rio de Janeiro, 720 p.
- KERSTEN, M. & SMEDES, F. 2002. Normalization procedures for sediment contaminants in spatial and temporal trend monitoring. *Journal Environmental Monitoring*, v. **4**, 109-115 p.
- LACERDA, L. D. 1994. Biogeoquímica de metais pesados em ecossistemas de manguezal. Niterói, 68 f. - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense.
- LACERDA, L. D. 1983. Avaliação da metodologia de abordagens pelos parâmetros críticos no estudo da poluição por metais pesados na Baía de Sepetiba. Rio de Janeiro, 135 p. Tese (Doutorado em ...) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- LIMA, S. C. 1985. Estudo sedimentológico, textura, mineralógico e geoquímico dos sedimentos superficiais e do material em suspensão na Baía da Ribeira, Angra dos Reis - RJ. Niterói, 150 p. Dissertação (Mestrado em Geociências - Geoquímica) - Universidade Federal Fluminense.

MADUREIRA F^o, J. B.; ATENCIO, D. & McREATH, I. 2003. Minerais e rochas: Constituintes da Terra sólida. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F. (Orgs.). Decifrando a Terra. Editora Oficina dos Textos, 2ª edição, São Paulo, 27-42 p.

MAHIQUES, M. M. 1987. Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da baía da Ilha Grande. São Paulo, Vol I e II, 122p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia física) – Universidade de São Paulo.

MARQUES Jr., A. N.; MORAES, R. B. C. & MAURAT, M. C. 2002. Poluição marinha. *In*: PEREIRA, R. C. & SOARES-GOMES, A. (Orgs.). Biologia Marinha. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 311-334 p.

MEYERS, P. A. 2003. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic Geochemistry*, **34**: 261-289 p.

MEYERS, P. A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, **27**: 213-250 p.

MEYERS, P. A. 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology*, **114**: 289-302 p.

MOORE, W. S. 1999. The subterranean estuary: a reaction zone of ground water and sea water. *Marine Geochemistry*, **65**: 111-125 p.

MOREIRA, R. C. A. & BOAVENTURA, G. R. 2003. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do lago do Paraná. *Química Nova*, **26** (6): 812-820 p.

ODUM, E. P. 2001. Fundamentos de ecologia. Editora Fundação Calouste Gulbenkian, 6ª ed., Lisboa, 714 pp.

RAURET, G.; TUBIO, R.; LOPEZ-SANCHEZ J. F. & CASASSAS E. 1988. Determination and speciation of copper and lead in sediments of Mediterranean river. *Water Research*, **22**: 449-455.

REIS, B. 1998. Apontamento para a história de Angra dos Reis. Conselho Municipal de Cultura, Angra dos Reis, 5 p.

RIBA, I.; DELVALLS, A.; FORJA, J.M. & GÓMEZ-PARRA, A. 2004. The influence of pH and salinity on the toxicity of heavy metals in sediment to the estuarine clam *Ruditapes philippinarum*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **23**: 1100-1107 p.

RODRIGUES, M. L. K. 2001. PNMA II DI Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 46 p.

RUTTENBERG, K. C. 2003. The Global Phosphorus Cycle. *In*: HOLLAND, H. D. & TUREKIAN, K. K. (Eds.). Treatise on Geochemistry. Elsevier publishers, **8**, 583-643 p.

RYBICKA, E. H.; CALMANO, W. & BREEGER, A. 1995. Heavy metals sorption/desorption on competing clay minerals: an experimental study. *Applied Clay Science* **9**: 369-381 p.

SALOMONS W. & FÖRSTNER, U. 1984. Metals in hydrocycle. Springer-Verlang, Berlin, 324p.

SEELINGER, U.; LACERDA, L. D. & PATCHINEELAM, S. R. 1988. Metals in coastal environments of latin América. Springer-Verlag, Berlin, 212 p.

SEMA, 1997. Programa de gestão para o desenvolvimento sustentável da bacia contribuinte à Baía da Ilha Grande. Rio de Janeiro, SEMA, **2**: 2-55 p.

SCHIPPERS, A. & JØRGENSEN, B.B. 2001. Oxidation of pyrite and iron sulfide by manganese dioxide in marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **65**: 915-922 p.

SIGNORINI, S. R. 1980 a. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba. Part I, A study of circulation based on experimental field data. *Bolm. Inst. Oceanog.* São Paulo. **29**(1): 41-55 p.

SIGNORINI, S. R. 1980 b. A study of the circulation in Bay of Ilha Grande and Bay of Sepetiba. Part I, A study of circulation based on experimental field data. *Bolm Inst. Oceanog.* São Paulo, **29**(1): 57-68 p.

SOARES, J. A. 1992. Uma contribuição ao estudo do ciclo geoquímico dos metais pesados no ambiente marinho: determinação de cromo total em sedimento da região da Enseada do Flamengo (SP) e Saco do Mamanguá (RJ). Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química) - Universidade de São Paulo. 139 p.

SOARES-GOMES, A. & FIGUEIREDO, A. G. 2002. O ambiente marinho. *In*: PEREIRA, R. C. & SOARES-GOMES, A. (Orgs.). Biologia Marinha. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 1-33 p.

SOUZA, C. M. M. 1986. Estudo comparativo da distribuição geoquímica de metais pesados entre duas áreas costeiras contaminadas e uma não contaminada, no litoral sul do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense. 60 p.

SUNDBY, B. C.; GOBEIL, N.; SILVERBERG, V. & MUCCI, A. 1992. The phosphorus cycle in coastal marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, **37**: 1129-1145 p.

SO, C. L. 1978. Environmental pollution of estuarines - a problem hazards. *Environmental conservation*, **5**: 205-211 p.

SYDENSTRICKER, I. 1993. Guia sócio-econômico dos municípios do Estado do Rio de Janeiro. Gráfica JB, Rio de Janeiro, vol. 2, 2-13 pp.

SYM, C. A. 2007. Inventário de metais-traço em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense. 96 p.

THAMDRUP, B. 1994. Manganese, iron, and sulfur cycling in a coastal marine sediment, Aarhus Bay, Denmark. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **58**: 5115-5129 p.

TOLEDO, M. C. M.; de OLIVEIRA, S. M. B. & MELFI, A. J. 2003. Intemperismo e formação do solo. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. & TAIOLI, F. (Orgs.). Decifrando a Terra. Editora Oficina dos Textos, 2ª edição, São Paulo, 139-157 p.

TOMMASI, L. R. 1987. Poluição marinha no Brasil: uma síntese da conhecimento. Publicação especial *Instituto Oceanográfico Relatório Técnico*, **44**: 1-12 p.

TORRES, A. M.; BASTOS, M. L. L.; BOAVENTURA, G. R.; LICHT, O. A. B.; KERN, D. C.; MELO Jr., G.; FRAZÃO, F. J. L.; da COSTA, M. L.; BORBA, R. P. & FIGUEIREDO, B. R. 2005. A geoquímica dos sedimentos e solos. *In*: SOUZA, C. R. G.; SUGURO, K.; OLIVEIRA, A. M. S. & de OLIVEIRA, P. E. (Edits.). Quaternário do Brasil. Holos Editora, Ribeirão Preto, 298-320 p.

USEPA, 1994. Test Methods for evaluating solid waste, physical/chemical methods. METHOD 3051: microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. *United States Environmental Protection Agency*.

VIANA, L. C. de O. 2009. Acumulação de metais-traços em sedimentos de áreas adjacentes ao porto de Niterói (Enseada de São Lourenço, Baía de Guanabara, RJ). Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense. 78 p.

WEIJDEN, C. H. V. 2002. Pitfalls of normalization of marine geochemical data using a common divisor. *Marine Geology*, **184**: 167-187 p.

www.drm.rj.gov.br/projetos acessado em 16/09/08.

www.geotrack.com.br acessado em 27/11/08.

APÊNDICES

Apêndice 1

Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

PONTOS	LAT/LON hddd°mm'ss.s"	UTM	UTM
ABR 01	S23 08 21.9 W44 09 54.0	585486	7440793
ABR 02	S23 08 20.2 W44 09 36.6	585982	7440842
ABR 03	S23 08 11.9 W44 09 49.7	585610	7441100
ABR 04	S23 08 03.8 W44 10 03.6	585217	7441351
ABR 05	S23 07 57.8 W44 09 19.2	586480	7441528
ABR 06	S23 07 48.7 W44 09 39.0	585919	7441812
ABR 07	S23 07 40.1 W44 09 58.8	585357	7442079
ABR 08	S23 07 40.7 W44 09 09.9	586748	7442053
ABR 09	S23 07 31.0 W44 09 29.1	586204	7442354
ABR 10	S23 07 26.3 W44 09 52.2	585547	7442503
ANG 01	S23 00 20.2 W44 18 10.3	571442	7455680
ANG 02	S23 00 27.1 W44 18 20.9	571140	7455470
ANG 03	S23 00 32.7 W44 18 01.9	571680	7455295
ANG 04	S23 00 33.6 W44 18 14.1	571332	7455269
ANG 05	S23 00 42.2 W44 18 03.9	571621	7455003
ANG 06	S23 00 52.7 W44 18 07.7	571512	7454681
ANG 07	S23 00 46.4 W44 18 18.6	571202	7454876
ANG 08	S23 00 38.9 W44 18 28.8	570913	7455108
ANG 09	S23 00 31.6 W44 18 39.6	570607	7455334
ANG 10	S23 00 34.8 W44 18 53.3	570216	7455237
ANG 11	S23 00 37.5 W44 18 46.4	570412	7455153
ANG 12	S23 00 47.6 W44 18 38.2	570644	7454842
ANG 13	S23 00 55.3 W44 18 23.9	571050	7454603
ANG 14	S23 01 17.6 W44 18 30.2	570868	7453918
ANG 15	S23 01 09.2 W44 18 47.6	570373	7454179
ANG 16	S23 00 55.2 W44 19 08.5	569781	7454612
ANG 17	S23 02 08.5 W44 18 42.1	570521	7452354
BR 01	S22 58 19.9 W44 24 21.6	560887	7459426
BR 02	S22 57 46.2 W44 25 30.6	558927	7460470
BR 03	S22 57 54.8 W44 25 12.8	559433	7460204
BR 04	S22 57 29.0 W44 23 16.0	562762	7460984
BR 05	S22 57 31.3 W44 24 02.9	561426	7460919
BR 06	S22 57 27.9 W44 25 06.5	559615	7461030
BR 07	S22 57 50.4 W44 24 27.9	560712	7460334
BR 08	S22 57 42.2 W44 23 51.5	561749	7460582
BR 09	S22 57 42.3 W44 23 07.3	563008	7460574
BR 10	S22 57 58.5 W44 23 31.4	562320	7460079
BR 11	S22 58 06.4 W44 24 18.0	560992	7459841
BR 13	S22 59 24.1 W44 26 06.7	557887	7457464
BR 14	S22 58 08.5 W44 25 44.5	558528	7459786
BR 15	S22 58 39.8 W44 24 55.6	559917	7458818
BR 16	S22 58 59.3 W44 25 09.2	559527	7458220

BR 17	S22 58 39.1 W44 25 48.6	558408	7458846
BR 19	S22 59 24.1 W44 25 24.1	559100	7457459
BR 20	S22 59 39.7 W44 25 00.4	559773	7456977
BR 21	S22 57 08.9 W44 25 08.5	559561	7461615
BR 22	S22 57 21.6 W44 24 30.4	560644	7461220
BR 23	S22 58 19.4 W44 24 58.7	559831	7459446
ARIRO	S23 06 15.6 W44 29 58.2	556432	
BRACUI	S23 02 08.5 W44 18 42.1	562081	
CEU 01	S23 06 19.1 W44 12 46.2	580609	7444597
CEU 02	S23 06 28.1 W44 12 46.2	580608	7444320
CEU 03	S23 06 36.3 W44 12 46.9	580587	7444068
CEU 05	S23 06 20.1 W44 12 23.7	581249	7444562
CEU 06	S23 06 26.2 W44 12 24.0	581240	7444375
CEU 07	S23 06 24.6 W44 12 09.0	581667	7444422
CEU 08	S23 06 31.9 W44 12 14.5	581509	7444198
EST 01	S23 06 44.1 W44 11 58.0	581976	7443820
EST 02	S23 06 53.3 W44 12 05.4	581764	7443539
EST 03	S23 07 06.1 W44 11 54.6	582069	7443143
EST 04	S23 06 35.9 W44 11 41.5	582447	7444070
EST 05	S23 06 54.2 W44 11 37.1	582569	7443507
EST 06	S23 07 07.6 W44 11 22.1	582993	7443092
EST 07	S23 06 48.3 W44 11 18.8	583091	7443685
EST 08	S23 07 01.6 W44 11 03.2	583532	7443274
EST 09	S23 06 27.2 W44 11 20.3	583052	7444334
EST 10	S23 06 40.6 W44 11 01.8	583576	7443919
EST 11	S23 06 57.3 W44 10 44.8	584056	7443403
MAM 01	S23 14 18.9 W44 36 43.9	539673	7430007
MAM 02	S23 14 24.3 W44 36 27.5	540139	7429840
MAM 03	S23 14 32.3 W44 36 13.4	540539	7429592
MAM 04	S23 14 58.6 W44 36 40.5	539766	7428786
MAM 05	S23 14 51.4 W44 36 53.5	539398	7429008
MAM 06	S23 14 46.0 W44 37 09.9	538932	7429175
MAM 07	S23 15 09.8 W44 37 32.8	538279	7428445
MAM 08	S23 15 14.9 W44 37 22.5	538572	7428288
MAM 09	S23 15 20.6 W44 37 12.1	538867	7428112
MAM 10	S23 15 48.4 W44 37 26.5	538455	7427258
MAM 11	S23 15 39.7 W44 37 39.8	538078	7427526
MAM 12	S23 15 34.9 W44 37 54.5	537661	7427675
MAM 13	S23 16 04.6 W44 38 03.8	537394	7426762
MAM 14	S23 16 08.9 W44 37 51.6	537741	7426629
MAM 15	S23 16 12.1 W44 37 39.0	538098	7426530
MAM 17	S23 16 29.9 W44 38 04.4	537375	7425984
MAM 18	S23 16 22.8 W44 38 18.2	536984	7426204
MAM 19	S23 16 47.3 W44 38 32.6	536573	7425451
MAM 20	S23 16 53.7 W44 38 20.1	536927	7425254
MAM 21	S23 16 58.5 W44 38 05.4	537345	7425105
MAM 22	S23 17 14.6 W44 38 20.3	536920	7424611
MAM 23	S23 17 13.1 W44 38 50.5	536062	7424659
PALM 01	S23 09 16.8 W44 08 15.7	588272	7439088

PALM 02	S23 09 22.0 W44 08 07.6	588501	7438927
PALM 03	S23 09 03.1 W44 08 01.4	588681	7439507
PALM 04	S23 09 09.5 W44 07 49.8	589010	7439309
PALM 05	S23 08 48.8 W44 07 33.4	589480	7439942
PALM 06	S23 09 02.6 W44 07 25.8	589694	7439517
PALM 07	S23 08 27.2 W44 08 16.5	588258	7440614
PALM 08	S23 08 38.3 W44 08 08.7	588478	7440271
PALM 09	S23 08 14.3 W44 07 54.6	588883	7441007
PALM 10	S23 08 30.4 W44 07 46.3	589117	7440510
PALM 11	S23 07 59.9 W44 07 42.7	589225	7441448
PALM 12	S23 08 12.7 W44 07 21.3	589831	7441050
PALM 13	S23 08 28.3 W44 06 54.6	590587	7440566
PAR 01	S23 13 50.1 W44 42 24.1	530007	7430915
PAR 02	S23 12 56.7 W44 41 00.7	532381	7432552
PAR 04	S23 12 16.3 W44 42 26.0	529959	7433800
PAR 05	S23 11 57.1 W44 39 53.4	534298	7434381
PAR 06	S23 11 12.9 W44 40 33.5	533161	7435743
PAR 07	S23 10 41.6 W44 41 35.2	531409	7436709
PAR 08	S23 09 39.8 W44 42 02.3	530643	7438611
PAR 09	S23 09 24.1 W44 37 11.3	538918	7439074
SF 02	S23 07 34.8 W44 17 07.3	573171	7442307
SF 03	S23 06 13.9 W44 15 07.1	576602	7444778
SF 05	S23 06 40.9 W44 15 38.4	575707	7443952
SF 06	S23 06 13.9 W44 15 39.2	575689	7444782
SF 07	S23 06 34.9 W44 15 51.1	575347	7444138
SF 08	S23 06 43.1 W44 16 10.8	574785	7443889
SF 09	S23 06 25.9 W44 16 18.8	574561	7444419
SF 10	S23 06 33.3 W44 16 45.2	573808	7444195
SF 12	S23 07 11.4 W44 16 44.0	573837	7443023
SF 13	S23 07 04.7 W44 17 00.0	573383	7443232
SF 14	S23 07 23.2 W44 16 31.1	574202	7442659
SF 15	S23 07 29.8 W44 16 37.4	574022	7442457
SF 16	S23 06 44.9 W44 17 13.8	572993	7443842
SF 17	S23 07 02.4 W44 17 25.1	572669	7443306
SF 18	S23 07 18.6 W44 17 06.9	573184	7442805
SF 19	S23 07 24.7 W44 16 48.8	573698	7442615
SF 20	S23 07 17.1 W44 17 25.1	572667	7442854
SF 21	S23 07 34.6 W44 17 25.0	572667	7442316
SF 22	S23 07 45.6 W44 16 56.4	573479	7441973
SF 23	S23 07 46.6 W44 17 40.1	572236	7441949
SF 24	S23 07 51.7 W44 17 25.2	572659	7441790
SF 25	S23 07 52.4 W44 17 09.9	573094	7441766
SF 26	S23 08 06.6 W44 17 17.6	572873	7441330

Apêndice 2

Resultados das medidas de parâmetros físico-químicos na água (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH) e no sedimento (pH e Eh), bem como a profundidade da coluna d'água nos pontos de coleta.

ESTAÇÃO	PROF. (m)	TEMP. (° C)	SALIN. (‰)	OD (mg/L)	OD (%)	pH ÁGUA	pH SED.	Eh SED.
ABR 01	8,2	25,2	34,3	6,22	93,9	8,20	7,20	-153
ABR 02	8,2	26,7	34,4	6,51	103,9	8,23	7,16	-142
ABR 03	8,3	25,7	34,3	6,49	96,0	8,22	7,21	-142
ABR 04	5,7	25,5	34,4	6,76	101,8	8,23	7,20	-135
ABR 05	8,3	24,4	34,3	7,75	111,9	8,21	7,18	-124
ABR 06	12,1	24,5	34,3	6,46	96,5	8,25	7,33	-165
ABR 07	10,1	24,5	34,3	7,96	116,5	8,22	7,05	-120
ABR 08	11,0	24,5	34,3	7,83	114,2	8,24	7,01	-210
ABR 09	12,0	24,5	34,3	8,33	117,2	8,22	7,12	-172
ABR 10	11,2	24,6	34,3	8,03	116,3	8,23	7,14	-140
ANG 01	4,0	25,2	34,3	5,53	80,0	8,39	7,92	-120
ANG 02	6,0	24,6	34,3	5,66	80,3	8,39	7,41	-175
ANG 03	2,5	24,7	34,4	5,10	74,4	8,25	7,54	-200
ANG 04	3,0	24,3	34,3	6,03	87,3	8,23	7,75	-100
ANG 05	5,0	24,8	34,3	5,71	83,0	8,24	7,37	-190
ANG 06	5,0	24,7	34,4	6,05	85,7	8,20	7,35	-205
ANG 07	7,0	24,2	34,3	7,37	92,3	8,21	7,35	-207
ANG 08	5,0	24,1	34,4	6,24	90,4	8,18	7,85	-200
ANG 09	6,0	24,5	34,3	5,65	81,5	8,33	7,30	-195
ANG 10	9,0	24,7	34,3	5,15	74,7	8,39	7,43	-289
ANG 11	10,0	24,5	34,3	5,70	83,1	8,39	7,42	-185
ANG 12	8,0	24,2	34,4	6,50	94,0	8,19	7,49	-193
ANG 13	7,0	24,3	34,3	6,59	94,7	8,23	7,41	-207
ANG 14	8,0	24,4	34,4	6,53	94,0	8,22	7,54	-196
ANG 15	10,0	24,2	34,3	6,55	94,4	8,09	7,24	-176
ANG 16	8,0	24,3	34,4	6,37	91,7	8,01	7,38	-212

ANG 17	14,0	23,9	34,3	6,68	95,9	7,95	7,27	-140
BR 01	9,3	25,1	33,5	6,39	93,4	8,22	7,12	-166
BR 02	3,4	25,7	34,3	6,62	98,8	8,21	7,20	-142
BR 03	4,0	25,5	33,9	6,76	100,6	8,20	7,16	-136
BR 04	4,0	25,6	34,5	6,06	90,3	8,22	7,21	-173
BR 05	4,3	24,4	34,3	7,30	100,5	8,20	7,20	-190
BR 06	2,5	26,7	33,9	6,90	96,7	8,24	7,18	-162
BR 07	7,5	25,6	34,2	6,26	93,2	8,23	7,33	-158
BR 08	5,0	25,5	34,3	6,34	94,1	8,21	7,05	-148
BR 09	4,0	25,4	34,3	5,93	86,1	8,21	7,01	-138
BR 10	7,5	25,1	33,9	6,15	92,1	8,20	7,12	-178
BR 13	6,3	25,3	33,8	6,50	100,6	8,22	7,20	-165
BR 14	5,5	25,8	33,9	6,64	97,7	8,21	7,18	-122
BR 15	8,0	25,4	33,5	6,54	97,2	8,24	7,33	-134
BR 16	10,0	25,4	33,1	6,49	96,3	8,23	7,05	-125
BR 17	6,4	25,7	34,3	6,89	102,5	8,24	7,12	-171
BR 19	10,0	25,3	33,2	6,78	100,1	8,25	7,14	-142
BR 20	13,0	25,2	33,5	6,93	102,3	8,21	7,20	-145
BR 21	3,2	26,3	34,3	7,32	110,8	8,21	7,20	-202
BR 22	4,2	25,8	33,9	6,13	91,6	8,20	7,16	-173
BR 23	7,0	25,4	33,7	6,41	95,9	8,24	7,21	-138
BR X	8,7	24,9	33,9	7,09	104,4	8,21	7,05	-119
CEU 01	4,0	25,7	34,8	6,49	96,0	7,06	6,73	-165
CEU 02	8,0	25,5	34,5	6,76	101,8	6,92	6,43	-210
CEU 03	6,0	24,4	34,2	7,75	111,9	6,92	6,45	-172
CEU 05	10,1	24,5	35,0	7,31	106,6	7,29	6,86	-127
CEU 06	2,0	25,2	34,3	6,22	93,9	7,07	6,88	-124
CEU 07	12,0	26,7	34,4	6,51	103,9	6,87	6,82	-116
CEU 08	13,0	25,7	34,3	6,49	96,0	6,94	6,43	-153
EST 01	11,0	25,3	34,4	6,42	95,0	8,23	7,33	-125
EST 02	7,2	25,5	34,5	6,45	94,7	8,21	7,24	-153
EST 03	8,6	25,4	34,5	6,38	97,4	8,22	7,67	-102
EST 04	13,0	25,0	34,6	7,43	113,3	8,22	7,88	-152
EST 05	11,0	25,2	34,5	6,54	95,1	8,21	8,01	-132

EST 06	11,0	25,2	34,6	6,94	103,1	8,22	7,43	-144
EST 07	13,0	25,0	34,6	6,88	100,0	8,02	7,22	-165
EST 08	12,0	25,3	34,6	6,87	102,0	8,21	7,62	-173
EST 09	17,0	24,8	34,6	7,16	104,5	8,22	7,42	-122
EST 10	14,0	25,3	34,5	6,54	96,1	8,18	7,65	-164
EST 11	13,0	25,6	34,8	6,71	100,0	8,21	7,14	-178
MAM 01	11,0	23,9	33,8	6,56	93,8	7,83	7,28	-130
MAM 02	4,5	25,0	33,9	6,39	92,7	6,78	6,12	-130
MAM 03	11,0	25,0	33,5	6,41	95,2	7,76	7,00	-170
MAM 04	6,0	24,3	33,1	6,72	97,0	7,88	7,08	-184
MAM 05	10,0	24,6	34,3	6,68	96,4	6,98	6,87	-220
MAM 06	10,0	24,4	34,3	6,33	91,1	6,85	6,12	-150
MAM 07	8,5	24,5	34,4	6,44	92,7	7,76	7,22	-200
MAM 08	10,0	24,2	34,3	6,48	93,4	7,82	6,91	-126
MAM 09	8,0	24,3	34,3	6,52	93,8	7,87	7,17	-209
MAM 10	6,5	24,0	34,3	6,41	91,9	7,71	7,15	-155
MAM 11	9,0	24,1	34,2	6,34	91,4	7,82	7,51	-204
MAM 12	4,0	23,8	35,0	6,30	90,1	7,50	7,04	-159
MAM 13	6,0	23,6	34,3	6,50	92,8	7,85	7,12	-217
MAM 14	8,0	23,6	34,5	6,60	93,8	7,83	7,05	-175
MAM 15	8,0	23,9	34,6	6,45	92,1	7,23	7,04	-159
MAM 17	6,0	23,5	34,5	6,94	91,6	7,86	7,09	-150
MAM 18	4,5	23,6	34,6	6,30	89,7	7,86	7,16	-200
MAM 19	4,0	23,8	34,6	5,77	82,7	7,83	7,27	-234
MAM 20	5,5	23,5	34,5	6,26	89,2	8,13	7,15	-171
MAM 21	5,0	23,8	34,8	5,85	83,5	7,86	7,10	-199
MAM 22	4,5	23,6	33,8	6,14	87,3	8,08	7,24	-176
MAM 23	6,0	23,5	34,6	5,78	82,5	8,31	7,21	-165
PALM 01	8,5	23,6	34,9	6,35	92,4	8,18	7,33	-121
PALM 02	7,9	23,5	34,9	5,94	87,9	8,18	7,24	-99
PALM 03	10,0	23,6	34,9	6,68	91,6	8,15	7,67	-142
PALM 04	11,1	23,7	34,9	6,45	93,3	8,21	7,88	-139
PALM 05	10,6	23,6	34,7	6,32	96,7	8,22	8,01	-101
PALM 06	11,2	23,7	34,8	6,23	89,6	8,20	7,43	-151

PALM 07	6,5	24,1	34,9	6,85	101,1	8,21	7,22	-10
PALM 08	9,1	23,9	34,8	6,80	99,5	8,22	7,62	-98
PALM 09	13,0	24,0	34,7	6,25	90,6	8,20	7,42	-137
PALM 10	12,0	23,8	34,9	6,56	93,8	8,22	7,65	-140
PALM 11	15,0	24,0	34,8	6,88	99,1	8,22	7,14	-142
PALM 12	13,0	23,8	34,8	6,82	98,6	8,13	7,31	-131
PALM 13	19,0	23,9	34,8	6,58	95,0	8,14	7,22	-160
PAR 01	5,5	25,5	34,3	4,60	67,5	7,90	7,32	-190
PAR 02	7,0	24,6	33,5	6,42	93,3	8,20	6,99	-183
PAR 03	3,5	25,1	34,3	5,56	79,6	7,88	6,94	-194
PAR 05	8,0	24,3	33,9	6,42	92,5	8,09	7,20	-188
PAR 06	5,0	24,6	34,5	6,13	89,1	7,95	7,31	-190
PAR 07	4,0	24,6	34,3	6,25	90,5	7,86	7,00	-201
PAR 08	2,0	25,4	33,9	5,41	77,8	7,89	7,13	-257
PAR 09	20,0	24,2	34,3	6,72	96,7	7,85	7,46	-202
SF 02	18,0	23,4	34,7	6,52	88,7	8,24	7,35	-105
SF 03	13,4	23,5	34,6	6,42	92,9	8,25	7,23	-148
SF 05	19,5	23,5	34,6	6,68	95,1	8,23	7,53	-131
SF 06	19,0	23,5	34,7	6,26	90,0	8,19	7,34	-126
SF 07	17,0	23,4	34,7	6,35	89,8	8,15	7,33	-134
SF 08	16,0	23,5	34,6	6,51	93,4	8,23	7,56	-98
SF 09	23,0	23,8	34,3	6,60	95,1	8,25	7,21	-64
SF 10	22,0	23,7	34,7	6,50	94,8	8,23	7,83	-39
SF 12	19,5	23,6	34,6	6,25	90,1	8,17	7,43	-51
SF 13	20,0	23,5	34,7	6,88	99,3	8,25	7,21	-128
SF 14	17,5	23,5	34,6	6,42	92,9	8,25	7,66	-148
SF 15	13,0	23,6	34,6	6,39	93,3	8,25	7,52	-165
SF 16	24,0	23,5	34,6	6,46	93,8	8,21	7,43	-126
SF 17	20,0	23,6	34,6	6,65	93,7	8,23	7,25	-95
SF 18	18,0	23,5	34,6	6,28	90,6	8,24	7,46	-122
SF 19	19,5	23,5	34,6	6,68	95,1	8,23	7,63	-131
SF 20	19,0	23,5	34,7	6,26	90,0	8,19	7,83	-126
SF 21	17,0	23,4	34,7	6,35	89,8	8,15	7,23	-134
SF 22	18,0	23,5	34,6	6,51	93,4	8,23	7,42	-98

SF 23	15,0	23,5	34,7	5,93	87,2	8,22	7,81	-56
SF 24	8,0	23,4	34,7	6,50	93,5	8,22	7,54	-78
SF 25	18,0	23,5	34,6	6,28	90,6	8,24	7,33	-122
SF 26	12,0	23,4	34,7	6,38	92,2	8,10	7,48	-127

Apêndice 3

Resultado das determinações de teor de água, densidade aparente, teor de carbonato, granulométrica, fósforo e matéria orgânica no sedimento superficial de Enseadas da Baía da Ilha Grande.

PONTOS	água (%)	DA (g/cm ³)	carbonato (%)	argila (%)	silte (%)	areia (%)	PT (µg/g)	PI (µg/g)	PO (µg/g)	COT (%)	NT (%)	C/N	δ ¹³ C (‰)	δ ¹⁵ N (‰)
ABR 01	74,1	0,289	24,4	13,6	82,2	4,2	406	384	23	3,34	0,32	10,6	-24,22	5,44
ABR 02	73,5	0,296	24,0	16,5	83,4	0,1	590	325	265	2,74	0,30	9,0	-23,14	6,10
ABR 03	71,6	0,314	21,2	13,3	86,4	0,3	567	402	165	3,15	0,30	10,6	-24,18	5,48
ABR 04	36,5	0,959	12,1	4,9	60,1	35,0	487	343	145	0,92	0,08	12,2	-25,60	4,20
ABR 05	68,5	0,367	52,1	33,5	66,5	0,0	857	464	393	2,73	0,31	8,7	-22,86	5,82
ABR 06	74,7	0,273	24,7	16,5	83,5	0,0	567	368	200	3,27	0,32	10,1	-23,14	5,70
ABR 07	73,3	0,297	19,8	13,3	86,6	0,1	591	223	368	3,53	0,33	10,8	-23,51	5,46
ABR 08	75,0	0,275	29,7	16,5	83,5	0,0	556	371	185	2,82	0,34	8,3	-22,37	6,23
ABR 09	72,9	0,297	26,7	15,8	84,2	0,0	578	405	173	3,10	0,34	9,2	-22,64	6,06
ABR 10	75,0	0,270	25,8	17,9	82,1	0,0	583	306	277	3,24	0,35	9,3	-21,43	5,99
ANG 01	30,1	1,174	8,7	8,7	56,1	35,2	231	201	31	0,39	0,04	9,4	-22,81	4,64
ANG 02	32,8	1,078	4,1	12,4	56,4	31,2	126	117	9	0,37	0,04	8,7	-22,28	4,72
ANG 03	64,7	0,408	16,5	16,0	83,8	0,2	873	765	108	1,84	0,22	8,4	-21,20	6,04
ANG 04	24,6	1,333	5,7	3,9	20,7	75,4	77	46	31	0,11	0,02	6,9	-21,01	3,18
ANG 05	69,4	0,349	14,0	16,3	82,4	1,3	917	718	199	1,63	0,19	8,5	-21,29	6,57
ANG 06	68,2	0,369	14,8	15,0	84,7	0,3	988	765	223	1,77	0,21	8,6	-21,38	6,39
ANG 07	74,0	0,281	17,5	18,0	82,0	0,0	680	563	117	1,88	0,22	8,6	-21,42	6,32
ANG 08	72,0	0,319	73,5	43,3	55,2	1,5	525	380	145	1,60	0,18	8,7	-21,36	6,96
ANG 09	28,5	1,212	4,0	0,0	2,3	97,7	313	292	22	0,48	0,05	9,9	-23,14	4,31
ANG 10	37,3	0,986	16,4	3,9	20,7	75,4	955	729	226	2,23	0,23	9,6	-22,50	5,81
ANG 11	73,1	0,300	18,4	13,5	86,1	0,4	951	650	301	2,42	0,26	9,3	-22,21	5,50
ANG 12	43,4	0,836	5,2	9,0	71,7	19,3	504	297	207	0,73	0,07	10,6	-22,21	5,74
ANG 13	70,8	0,331	14,8	8,4	87,4	4,2	875	659	216	1,81	0,21	8,8	-21,29	6,58
ANG 14	28,8	1,210	9,2	8,0	33,7	58,3	424	266	159	0,38	0,05	6,9	-22,29	6,76

ANG 15	71,7	0,318	15,9	8,4	87,3	4,3	887	584	303	1,93	0,22	8,7	-21,77	6,65
ANG 16	69,6	0,342	17,0	11,9	87,9	0,2	901	507	394	2,24	0,25	9,0	-22,05	5,98
ANG 17	69,3	0,362	17,9	16,1	83,3	0,6	731	471	261	2,03	0,23	8,6	-21,91	6,74
BR 01	77,1	0,246	24,7	19,1	80,9	0,0	810	630	180	2,73	0,31	8,8	-21,99	4,92
BR 02	75,2	0,276	20,9	13,1	86,8	0,1	910	670	240	2,96	0,30	9,8	-23,23	4,16
BR 03	66,6	0,380	20,9	13,9	86,1	0,0	867	635	233	2,54	0,26	9,8	-22,70	4,43
BR 04	63,4	0,411	18,9	8,4	91,1	0,5	787	613	174	2,90	0,26	11,2	-23,40	3,50
BR 05	79,4	0,222	23,6	8,0	89,9	2,1	697	485	212	8,23	0,64	12,9	-27,94	2,41
BR 06	62,7	0,442	16,5	7,8	90,8	1,4	624	353	271	3,28	0,27	12,2	-25,97	3,72
BR 07	63,1	0,409	24,3	18,4	81,6	0,0	949	658	292	2,81	0,31	9,0	-22,38	5,24
BR 08	75,0	0,278	21,0	9,3	88,5	2,2	829	610	219	3,00	0,30	10,1	-22,54	4,73
BR 09	73,9	0,295	19,0	10,7	88,9	0,4	827	596	231	2,73	0,25	10,7	-23,05	4,86
BR 10	61,8	0,430	23,1	15,2	84,5	0,3	789	605	184	2,64	0,29	9,0	-22,50	5,64
BR 13	72,7	0,312	22,7	16,6	83,4	0,0	1038	572	465	2,28	0,27	8,3	-21,70	6,32
BR 14	67,7	0,360	20,1	10,5	88,7	0,8	1038	607	432	2,78	0,28	10,1	-23,73	5,16
BR 15	68,7	0,329	28,7	18,4	81,6	0,0	1106	671	435	3,03	0,38	8,0	-21,50	6,41
BR 16	58,0	0,512	46,4	10,8	79,4	9,8	1057	757	300	2,54	0,32	7,9	-21,66	6,66
BR 17	75,7	0,273	26,2	16,2	83,5	0,3	913	610	303	2,63	0,30	8,7	-21,99	5,74
BR 19	74,4	0,281	30,9	22,9	77,0	0,1	881	512	369	2,77	0,35	7,9	-21,65	6,38
BR 20	35,4	1,016	13,3	6,4	30,5	63,1	267	168	99	0,36	0,05	7,4	-22,01	6,21
BR 21	65,8	0,385	20,7	19,1	80,9	0,0	825	601	224	4,16	0,37	11,1	-24,44	3,96
BR 22	75,6	0,272	21,6	14,8	85,1	0,1	850	622	229	3,84	0,36	10,6	-24,74	4,59
BR 23	76,6	0,253	33,7	18,9	81,1	0,0	1119	709	410	2,99	0,37	8,0	-21,43	6,53
BR X	79,0	0,225	30,4	19,0	81,0	0,0	869	549	320	3,01	0,38	8,0	-21,35	6,82
ARIRO	77,6	0,239	22,4	26,8	70,1	3,1	643	512	131	2,99	0,37	8,1	-21,82	5,52
BRACUI	76,7	0,259	22,2	17,2	82,6	0,2	889	679	209	2,62	0,29	9,0	-22,15	5,65
CEU 01	54,6	0,587	11,9	8,7	75,4	15,9	536	315	221	2,19	0,17	12,7	-26,69	4,04
CEU 02	72,0	0,298	25,7	18,5	81,3	0,2	800	496	304	3,27	0,32	10,2	-23,50	5,60
CEU 03	67,5	0,351	25,3	8,9	88,9	2,2	862	546	316	2,96	0,30	9,9	-23,66	5,59
CEU 05	70,5	0,323	24,4	9,3	85,5	5,2	819	428	391	3,60	0,34	10,6	-24,00	5,26
CEU 06	24,3	1,304	10,2	5,9	25,2	68,9	142	96	47	2,27	0,24	9,6	-23,28	5,82
CEU 07	70,6	0,316	26,5	12,5	80,8	6,7	831	518	314	3,60	0,37	9,7	-23,22	5,66
CEU 08	66,2	0,371	27,0	18,7	81,0	0,3	800	482	318	3,90	0,37	10,5	-24,13	5,25
EST 01	73,5	0,305	22,9	9,1	83,0	7,9	813	506	307	4,35	0,39	11,2	-31,06	4,71

EST 02	53,2	0,611	13,4	4,5	59,8	35,7	520	355	165	2,09	0,15	13,8	-26,84	3,69
EST 03	76,2	0,256	22,8	6,6	85,1	8,3	811	573	238	4,29	0,37	11,7	-27,54	4,83
EST 04	78,3	0,237	27,3	14,6	85,3	0,1	768	421	347	3,91	0,39	10,1	-24,93	5,66
EST 05	75,8	0,265	22,8	17,3	82,7	0,0	716	449	267	3,61	0,37	9,8	-23,29	5,76
EST 06	74,8	0,271	25,6	7,7	86,0	6,3	742	474	268	3,87	0,36	10,6	-24,35	5,32
EST 07	78,4	0,231	25,9	23,8	75,8	0,4	593	468	125	3,19	0,35	9,1	-22,82	6,14
EST 08	76,7	0,248	26,1	13,1	86,0	0,9	732	418	314	3,13	0,36	8,8	-22,66	6,03
EST 09	75,4	0,281	25,4	3,9	20,7	75,4	733	521	212	3,35	0,37	9,0	-22,73	6,00
EST 10	75,5	0,274	24,6	15,6	84,4	0,0	589	412	177	2,99	0,34	8,8	-22,31	6,35
EST 11	73,1	0,295	24,0	14,7	84,5	0,8	756	391	365	2,98	0,34	8,8	-22,43	6,13
MAM 01	76,0	0,262	20,1	18,1	81,8	0,1	715	405	310	2,57	0,32	8,1	-21,78	6,80
MAM 02	74,8	0,278	20,2	20,1	79,9	0,0	739	426	313	2,56	0,32	8,0	-21,67	6,92
MAM 03	73,7	0,289	17,4	20,6	79,4	0,0	750	476	274	2,58	0,32	8,1	-22,04	6,90
MAM 04	71,6	0,312	20,4	19,6	80,4	0,0	732	447	285	2,45	0,30	8,2	-22,04	6,95
MAM 05	72,4	0,299	18,9	23,3	76,7	0,0	724	414	310	2,42	0,30	8,1	-21,86	6,76
MAM 06	75,8	0,263	20,6	21,9	78,1	0,0	730	405	325	2,42	0,30	8,1	-21,91	7,18
MAM 07	74,7	0,281	21,0	26,5	73,5	0,0	705	414	291	2,30	0,28	8,1	-21,84	6,52
MAM 08	75,5	0,267	22,7	27,8	72,2	0,0	709	401	309	2,29	0,29	8,0	-21,86	6,88
MAM 09	73,6	0,288	20,0	20,5	79,5	0,0	717	404	313	2,37	0,28	8,4	-22,13	6,54
MAM 10	73,9	0,281	18,7	16,1	83,8	0,1	642	443	200	2,31	0,26	8,8	-22,38	6,81
MAM 11	75,6	0,254	21,4	17,9	82,0	0,1	700	444	257	2,28	0,28	8,2	-21,89	6,89
MAM 12	73,4	0,289	21,0	16,1	83,8	0,1	707	459	248	2,29	0,27	8,5	-22,08	6,34
MAM 13	72,7	0,306	18,5	22,7	77,3	0,0	717	475	242	2,26	0,27	8,3	-22,09	6,59
MAM 14	76,4	0,254	25,0	23,7	76,3	0,0	691	430	261	2,35	0,29	8,1	-21,98	7,08
MAM 15	74,6	0,278	19,8	19,9	80,1	0,0	688	455	233	2,38	0,27	8,7	-22,00	6,74
MAM 17	74,3	0,286	20,4	3,9	75,4	20,7	713	456	257	2,37	0,28	8,3	-21,79	7,07
MAM 18	72,7	0,300	19,8	19,0	81,0	0,0	798	545	253	2,47	0,28	8,9	-22,25	6,83
MAM 19	73,1	0,302	19,6	21,3	78,7	0,0	789	545	244	2,47	0,27	9,0	-22,47	6,42
MAM 20	75,5	0,265	19,0	29,4	70,6	0,0	698	472	225	2,22	0,26	8,4	-21,81	6,32
MAM 21	75,3	0,268	21,0	26,5	73,5	0,0	693	460	232	2,17	0,26	8,4	-21,67	6,75
MAM 22	75,5	0,270	19,7	25,4	74,6	0,0	704	467	237	2,12	0,25	8,5	-21,66	6,47
MAM 23	77,0	0,245	22,0	19,4	80,6	0,0	747	502	245	2,63	0,29	8,9	-22,60	6,41
PALM 01	59,6	0,503	17,4	12,0	81,1	6,9	444	389	55	1,76	0,19	9,3	-23,03	5,79
PALM 02	42,0	0,867	46,3	37,2	62,4	0,4	378	347	31	1,18	0,14	8,4	-22,72	5,92

PALM 03	66,3	0,390	21,0	7,5	86,6	5,9	556	423	133	2,34	0,27	8,6	-22,42	5,99
PALM 04	66,8	0,394	22,3	13,2	81,2	5,6	544	443	101	2,12	0,25	8,3	-22,45	6,25
PALM 05	61,3	0,480	23,9	7,7	69,8	22,5	551	373	178	1,73	0,21	8,4	-22,35	6,36
PALM 06	68,9	0,362	24,2	14,8	63,3	21,9	571	371	200	2,41	0,29	8,3	-22,20	5,99
PALM 07	19,3	1,319	54,9	2,6	12,6	84,8	270	253	17	0,41	0,06	6,7	-21,06	7,14
PALM 08	37,9	0,949	12,5	3,4	50,1	46,5	237	203	35	0,54	0,06	9,0	-23,33	5,56
PALM 09	33,9	1,049	7,6	4,6	22,8	72,6	146	94	52	0,43	0,05	8,0	-22,58	5,30
PALM 10	29,8	1,194	7,3	4,5	19,4	76,1	132	84	48	0,24	0,03	7,8	-23,03	5,24
PALM 11	57,5	0,533	20,0	3,9	20,7	75,4	471	270	200	1,59	0,19	8,4	-22,40	6,41
PALM 12	22,9	1,375	8,3	2,5	8,6	88,9	62	51	11	0,23	0,03	7,2	-22,41	4,09
PALM 13	28,4	1,168	39,5	47,7	25,6	26,7	276	229	46	0,62	0,09	7,1	-22,96	5,35
PAR 01	70,9	0,309	21,2	16,6	82,7	0,7	1078	613	466	2,46	0,26	9,4	-23,42	4,92
PAR 02	74,8	0,279	17,8	21,0	79,0	0,0	984	492	493	2,08	0,25	8,3	-21,26	6,08
PAR 04	75,2	0,275	16,7	16,1	83,8	0,1	1134	592	541	2,35	0,28	8,2	-20,84	5,64
PAR 05	76,4	0,255	17,9	25,9	74,1	0,0	864	427	437	2,29	0,26	8,7	-21,29	5,99
PAR 06	77,7	0,237	18,5	15,7	83,2	1,1	1031	547	484	2,38	0,30	8,0	-20,75	5,92
PAR 07	81,1	0,195	24,1	14,7	85,2	0,1	1137	608	530	3,06	0,38	8,0	-20,80	6,08
PAR 08	75,5	0,266	39,9	11,6	87,4	1,0	886	537	349	2,61	0,33	8,0	-20,85	6,01
PAR 09	34,5	1,078	21,1	3,9	20,7	75,4	608	363	245	2,40	0,28	8,5	-21,98	6,19
SF 02	66,6	0,379	17,1	17,0	79,7	3,3	836	589	247	2,06	0,24	8,7	-22,08	6,66
SF 03	58,7	0,520	18,2	0,1	66,4	33,5	696	528	168	1,52	0,17	9,1	-22,85	6,43
SF 05	50,6	0,685	12,1	10,4	74,9	14,7	740	570	169	1,54	0,14	11,3	-24,81	5,27
SF 06	46,3	0,769	9,9	13,9	44,7	41,4	428	315	113	0,94	0,11	8,6	-22,45	6,06
SF 07	64,2	0,425	20,1	17,9	81,8	0,3	716	482	234	2,05	0,24	8,6	-22,49	6,68
SF 08	60,9	0,489	14,9	0,0	57,2	42,8	537	371	166	1,33	0,16	8,1	-22,14	6,98
SF 09	70,1	0,345	23,2	18,7	81,3	0,0	711	452	259	2,38	0,29	8,4	-21,90	6,71
SF 10	69,1	0,368	23,4	18,7	80,4	0,9	715	399	316	2,24	0,27	8,2	-21,73	6,91
SF 12	56,5	0,532	15,7	9,1	68,0	22,9	616	412	205	1,53	0,18	8,5	-22,15	6,00
SF 13	34,5	1,078	9,1	3,9	20,7	75,4	264	187	78	0,29	0,04	7,6	-22,19	5,14
SF 14	48,1	0,739	17,7	11,0	72,1	16,9	747	606	141	0,83	0,09	8,9	-23,12	5,34
SF 15	31,1	1,153	27,9	4,5	73,0	22,5	1097	995	102	0,47	0,05	9,4	-23,66	5,08
SF 16	63,6	0,435	22,9	20,3	78,6	1,1	649	392	257	2,44	0,27	8,9	-22,04	6,64
SF 17	61,1	0,488	16,7	17,0	67,5	15,5	547	360	187	1,53	0,18	8,5	-22,19	6,74
SF 18	34,7	1,059	6,5	0,0	9,4	90,6	231	154	78	0,33	0,04	8,7	-22,80	4,22

SF 19	62,7	0,453	16,7	0,3	78,6	21,1	660	403	257	1,83	0,21	8,7	-22,46	6,22
SF 20	70,8	0,340	19,7	10,9	84,0	5,1	718	444	274	2,27	0,25	9,0	-22,32	5,73
SF 21	71,5	0,325	21,0	13,8	83,9	2,3	834	523	311	2,57	0,29	8,8	-22,43	6,02
SF 22	59,9	0,501	19,1	13,0	83,4	3,6	919	603	316	2,05	0,23	9,1	-22,66	5,29
SF 23	38,5	0,972	76,5	16,1	83,8	0,1	535	456	80	1,62	0,19	8,3	-22,47	5,26
SF 24	58,1	0,541	42,3	23,8	75,8	0,4	844	552	292	1,93	0,22	8,9	-22,69	6,04
SF 25	60,2	0,476	17,2	15,5	78,3	6,2	731	500	232	1,94	0,21	9,1	-22,85	6,03
SF 26	71,6	0,321	21,2	8,4	88,6	3,0	920	601	319	2,98	0,30	10,0	-23,76	5,45

Apêndice 4

Resultados das análises de concentração de metais ($\mu\text{g/g}$) no sedimento superficial de Enseadas da Baía da Ilha Grande (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g/g}$).

PONTOS	Al	Ti	Fe	Mn	Ba	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn
ABR 01	2,80	233	1,32	160	41,8	1,0	34	6,5	0,44	21	26	88
ABR 02	2,42	108	1,22	143	31,2	0,97	36	5,8	8,2	17	22	77
ABR 03	2,40	151	1,24	146	34,7	0,99	32	6,0	3,1	21	23	85
ABR 04	1,06	254	0,51	59	32,6	0,36	11	2,5	0,005	11	10	39
ABR 05	1,49	105	0,77	120	22,3	0,62	24	3,5	1,0	8,2	12	49
ABR 06	2,35	107	1,21	172	29,8	0,95	34	5,7	9,0	17	22	78
ABR 07	2,34	126	1,24	163	36,6	0,98	36	5,8	2,1	19	23	83
ABR 08	2,47	107	1,28	188	28,6	1,0	39	5,9	15	14	23	82
ABR 09	2,60	106	1,27	179	29,4	1,0	39	5,9	14	14	23	81
ABR 10	2,02	76	1,20	180	24,0	0,97	36	5,5	12	16	17	81
ANG 01	0,67	194	0,31	31	10,4	0,22	9,0	1,8	0,005	6,8	6,2	25
ANG 02	0,64	133	0,28	31	9,04	0,18	10	1,6	2,6	9,3	6,1	23
ANG 03	4,02	528	1,79	244	34,5	1,4	42	9,4	8,4	36	56	106
ANG 04	0,13	36	0,06	9,5	3,65	0,00	3,3	0,37	0,005	3,8	0,010	5,7
ANG 05	2,82	367	1,30	173	30,1	1,0	34	6,9	12	29	39	86
ANG 06	2,76	397	1,38	193	27,3	1,1	36	8,0	13	30	42	94
ANG 07	2,82	280	1,37	239	27,9	1,1	37	7,2	13	32	39	98
ANG 08	0,40	64	0,29	60	6,7	0,23	8,8	1,5	1,8	8,1	6,8	25
ANG 09	0,46	139	0,31	32	12,3	0,33	10	2,8	1,1	18	7,3	72
ANG 10	1,64	303	1,08	144	33,4	3,0	32	11	12	61	28	789
ANG 11	2,15	262	1,26	161	32,8	2,2	37	10	16	56	30	505
ANG 12	0,73	103	0,43	59	10,3	0,34	13	2,4	5,8	14	10	51
ANG 13	2,80	308	1,82	249	24,5	1,2	43	7,0	14	38	36	105
ANG 14	0,51	70	0,31	175	6,5	0,20	10	1,5	0,005	6,8	5,3	21

ANG 15	2,08	153	1,23	189	20,8	1,0	37	5,8	15	28	25	99
ANG 16	2,26	308	1,29	172	27,8	1,3	39	7,0	17	40	35	175
ANG 17	1,94	115	1,18	204	20,0	0,82	35	5,0	5,4	17	21	57
BR 01	5,44	487	2,23	444	39,0	1,7	62	10	29	21	43	86
BR 02	6,46	1259	3,03	431	47,8	2,0	67	12	39	26	63	98
BR 03	6,12	1036	2,59	413	51,6	1,9	66	11	39	21	54	93
BR 04	7,60	2228	3,30	446	65,8	1,9	75	12	54	19	67	104
BR 05	5,75	1901	2,24	204	59,5	1,7	52	11	22	14	61	88
BR 06	5,29	2166	2,63	288	65,0	1,7	64	11	39	16	60	98
BR 07	6,30	612	2,35	530	41,5	1,8	64	11	35	21	51	95
BR 08	7,62	1171	3,21	499	48,7	2,0	75	12	38	23	60	100
BR 09	6,11	1683	2,54	393	60,3	1,9	72	12	37	18	58	102
BR 10	6,19	844	2,49	468	47,3	1,8	68	11	36	20	50	94
BR 13	4,99	385	2,00	424	42,6	1,5	50	9,2	28	22	45	74
BR 14	5,10	1028	2,20	390	52,8	1,8	58	11	31	21	57	91
BR 15	5,20	457	2,33	497	35,2	1,4	54	8,8	33	22	45	76
BR 16	3,01	410	1,59	807	32,1	1,1	38	6,4	19	14	31	59
BR 17	4,82	486	1,94	434	40,0	1,5	50	9,1	30	20	46	78
BR 19	3,56	241	1,79	404	29,1	1,4	48	7,6	21	18	34	73
BR 20	0,55	38	0,48	106	4,3	0,34	15	1,9	10	5,7	2,4	20
BR 21	7,40	1655	2,73	328	57,9	2,1	72	13	37	16	59	101
BR 22	4,78	835	1,92	348	36,8	1,6	53	10	33	15	43	78
BR 23	3,70	337	1,69	714	26,9	1,4	46	7,7	25	18	38	69
BR X	3,73	248	2,06	353	24,4	1,3	48	7,4	28	18	30	70
ARIRO	4,96	247	2,14	465	28	0,88	63	10	21	14	37	83
BRACUI	1,77	2144	0,91	214	29	0,44	26	4,6	0,005	5,6	23	58
CEU 01	1,57	499	1,50	87	34,6	1,1	16	6,1	6	14	31	73
CEU 02	2,82	175	1,91	157	33,9	1,3	39	7,5	25	20	37	101
CEU 03	4,14	302	2,81	216	48,9	1,8	53	10	31	29	52	130
CEU 05	2,04	123	1,43	139	22,1	1,1	35	5,9	21	17	22	86
CEU 06	0,17	49	0,17	13	3,5	0,10	5,3	0,7	6	2,5	2,7	9,4
CEU 07	3,08	151	2,05	202	27,9	1,4	49	7,5	29	22	29	108
CEU 08	2,32	121	1,46	154	24,9	1,2	38	6,4	18	17	23	92
EST 01	1,63	110	1,15	153	18,5	1,0	30	5,2	12	18	21	74

EST 02	1,04	161	0,59	70	15,9	0,45	14	2,7	0,005	9,1	8,8	47
EST 03	1,66	116	1,06	142	20,9	0,84	31	4,5	7,3	15	17	72
EST 04	2,16	85	1,44	183	19,4	1,08	38	5,7	19	17	21	84
EST 05	1,96	79	1,23	175	19,0	0,97	37	5,3	12	16	19	80
EST 06	1,82	97	1,31	166	18,7	0,93	34	4,9	11	18	17	77
EST 07	2,32	83	1,38	228	20,7	1,1	43	5,9	7,2	18	22	89
EST 08	1,85	67	1,22	181	18,5	0,96	35	5,2	15	16	20	78
EST 09	1,96	67	1,32	208	17,6	1,0	40	5,5	17	18	22	86
EST 10	2,01	70	1,43	217	18,7	1,0	41	5,5	18	19	22	87
EST 11	1,79	71	1,24	192	18,4	1,0	37	5,7	10	17	18	78
MAM 01	7,47	3128	2,50	321	71,6	1,9	70	11	29	18	76	97
MAM 02	5,82	2418	2,10	318	61,8	1,8	66	10	30	18	69	92
MAM 03	5,91	2894	2,20	305	62,5	1,8	64	9,9	31	17	69	91
MAM 04	6,51	2956	2,21	303	69,9	1,9	67	11	30	17	73	93
MAM 05	5,54	2284	1,99	288	59,4	1,7	63	9,7	30	18	66	89
MAM 06	5,53	2278	1,83	247	61,4	1,7	62	9,5	24	17	62	88
MAM 07	6,36	2690	2,09	324	70,5	1,8	67	10	25	18	68	95
MAM 08	5,55	2190	1,95	269	57,2	1,7	60	9,4	23	16	63	84
MAM 09	6,09	2578	2,04	297	63,6	1,7	61	10	29	15	64	89
MAM 10	4,57	2234	1,89	272	55,2	1,6	56	9,1	15	20	61	85
MAM 11	6,15	2574	2,01	287	67,6	1,8	65	10	31	18	70	91
MAM 12	5,77	2708	2,17	277	61,7	1,7	60	9,5	28	19	66	88
MAM 13	5,23	2532	2,08	244	57,3	1,7	59	9,0	28	19	63	85
MAM 14	7,50	2812	2,11	290	71,4	1,7	65	10	33	13	66	94
MAM 15	5,41	2426	2,06	262	53,1	1,6	57	9,0	23	19	58	83
MAM 17	6,06	2524	2,30	280	60,3	1,8	64	9,8	22	18	66	91
MAM 18	5,34	1963	2,12	281	52,4	1,8	59	10	24	20	68	87
MAM 19	6,43	2960	2,95	338	55,8	1,9	68	10	22	22	78	97
MAM 20	5,52	2266	2,09	256	59,2	1,8	62	9,8	19	20	69	91
MAM 21	5,22	2220	1,97	266	58,1	1,8	60	9,8	29	19	64	89
MAM 22	4,81	1937	1,51	191	47,2	1,4	47	7,7	21	13	49	71
MAM 23	5,43	2208	2,03	271	52,7	1,7	58	9,2	24	17	61	83
PALM 01	1,20	1652	0,70	138	16	0,65	36	2,9	0,005	3,9	12	39
PALM 02	5,86	3006	2,13	505	55	1,8	63	10	24	23	63	88

PALM 03	1,90	116	1,03	156	23	0,83	31	4,8	11	11	19	61
PALM 04	1,96	119	0,98	159	24	0,81	30	4,7	5,4	10	19	59
PALM 05	1,90	145	0,89	157	23	0,73	26	4,4	5,6	8,0	19	50
PALM 06	1,80	102	0,94	162	21	0,81	30	4,5	6,0	10	17	58
PALM 07	0,34	139	0,29	65	15	0,26	7,6	1,2	0,005	3,2	7,6	12
PALM 08	0,61	102	0,32	53	11	0,25	9,1	1,5	0,005	4,9	2,3	21
PALM 09	0,55	67	0,28	51	7,3	0,19	8,7	1,3	0,005	4,5	1,8	20
PALM 10	0,28	40	0,15	29	4,3	0,09	4,7	0,74	0,005	1,6	0,010	10
PALM 11	1,59	100	0,76	153	19	0,65	25	3,8	3,9	8,0	15	47
PALM 12	0,21	35	0,08	20	3,2	0,03	2,7	0,46	0,005	2,1	0,010	5,5
PALM 13	0,46	67	0,17	57	7,7	0,13	5,6	0,94	0,005	1,2	0,20	13
PAR 01	5,98	3984	2,48	644	156	2,2	41	13	24	24	93	109
PAR 02	5,81	2786	2,33	670	110	2,0	62	11	35	20	78	97
PAR 04	6,45	3734	2,05	904	124	1,8	55	11	23	24	80	97
PAR 05	6,40	2978	2,63	594	89	2,0	69	11	26	23	80	101
PAR 06	5,89	3400	2,22	711	96	1,7	56	9,5	26	21	70	95
PAR 07	5,96	2460	1,92	703	82	1,7	56	9,3	21	18	63	84
PAR 08	5,59	2986	2,00	629	87	1,8	58	9,9	24	21	66	85
PAR 09	4,25	1764	1,54	317	40	1,4	51	7,7	27	13	48	73
SF 02	2,29	160	1,09	147	55	0,97	32	5,5	6,3	12	25	78
SF 03	1,78	161	0,95	128	41	0,78	26	4,6	10	10	20	54
SF 05	1,66	318	0,95	107	52	0,78	19	4,4	6,2	9	18	50
SF 06	1,69	150	0,91	165	30	0,69	25	4,0	0,54	10	14	43
SF 07	2,72	182	1,28	189	45	1,0	37	5,8	12	13	24	68
SF 08	1,43	79	0,96	156	18	0,70	26	3,9	10	10	12	49
SF 09	2,73	117	1,56	283	31	1,1	44	6,1	10	16	24	76
SF 10	2,06	74	1,18	260	24	0,92	35	5,2	15	12	19	62
SF 12	1,39	85	0,83	141	21	0,68	24	3,9	9,5	10	14	48
SF 13	0,41	32	0,32	46	4,9	0,23	10	1,4	0,005	4,2	2,5	20
SF 14	1,27	408	1,27	146	42	0,33	20	4,2	0,005	8,2	18	56
SF 15	0,76	402	0,62	96	33	0,13	8,8	2,3	0,005	3,1	9,1	37
SF 16	2,04	65	1,29	308	22	0,46	36	5,7	4,2	12	17	67
SF 17	1,58	84	1,12	167	18	0,37	28	4,4	0,005	10	13	48
SF 18	0,48	37	0,43	54	7,1	0,10	11	1,7	0,005	3,5	1,7	20

SF 19	1,88	145	1,31	160	29	0,41	30	5,2	0,005	11	19	61
SF 20	1,95	114	1,22	154	27	0,47	31	5,5	0,005	10	20	61
SF 21	2,66	167	1,85	187	35	0,61	38	7,1	0,01	14	28	77
SF 22	1,72	203	1,23	141	37	0,46	26	5,2	0,005	11	21	73
SF 23	0,49	101	0,37	64	14	0,14	8,1	1,5	0,005	1,5	2,6	21
SF 24	1,34	131	0,88	123	28	0,31	18	3,7	0,005	5,7	14	43
SF 25	1,70	142	1,14	150	30	0,44	26	5,2	0,29	9,4	19	58
SF 26	2,65	268	1,76	158	55	0,62	31	7,4	0,005	12	33	80

Apêndice 5

Resultado das determinações de concentração volumétrica de metais (g/cm^3) no sedimento superficial de Enseadas da Baía da Ilha Grande (Al e Fe em % e demais elementos em $\mu\text{g}/\text{g}$).

PONTOS	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	V	Zn
ABR 01	0,81	67	0,38	46	12,1	0,30	9,89	1,88	0,13	6,19	7,64	25,4
ABR 02	0,72	32	0,36	42	9,3	0,29	10,75	1,71	2,44	5,06	6,51	22,8
ABR 03	0,75	47	0,39	46	10,9	0,31	10,00	1,88	0,97	6,64	7,11	26,7
ABR 04	1,02	243	0,49	57	31,3	0,35	10,47	2,36	0,005	10,24	9,21	37,0
ABR 05	0,55	39	0,28	44	8,2	0,23	8,67	1,30	0,35	3,01	4,30	18,1
ABR 06	0,64	29	0,33	47	8,1	0,26	9,36	1,55	2,45	4,74	5,87	21,2
ABR 07	0,70	38	0,37	48	10,9	0,29	10,58	1,73	0,62	5,64	6,75	24,6
ABR 08	0,68	29	0,35	52	7,9	0,28	10,59	1,63	4,03	3,94	6,31	22,5
ABR 09	0,77	32	0,38	53	8,7	0,31	11,54	1,77	4,07	4,26	6,80	24,1
ABR 10	0,55	20	0,33	49	6,5	0,26	9,80	1,47	3,34	4,36	4,73	21,8
ANG 01	0,79	228	0,37	36	12,2	0,26	10,52	2,14	0,01	7,98	7,33	29,9
ANG 02	0,69	144	0,30	34	9,7	0,19	10,29	1,72	2,76	10,00	6,53	25,2
ANG 03	1,64	216	0,73	100	14,1	0,59	17,14	3,85	3,42	14,72	22,80	43,2
ANG 04	0,18	48	0,07	13	4,9	0,00	4,42	0,49	0,01	5,13	0,01	7,5
ANG 05	0,99	128	0,45	60	10,5	0,36	11,97	2,40	4,08	10,23	13,49	29,9
ANG 06	1,02	147	0,51	71	10,1	0,40	13,20	2,94	4,63	11,16	15,60	34,6
ANG 07	0,79	79	0,39	67	7,8	0,31	10,41	2,01	3,71	9,02	10,96	27,5
ANG 08	0,39	63	0,28	59	6,6	0,23	8,66	1,44	1,81	7,98	6,68	24,7
ANG 09	0,56	169	0,38	39	14,9	0,40	12,25	3,43	1,39	22,36	8,86	87,3
ANG 10	0,52	97	0,34	46	10,6	0,95	10,20	3,54	3,69	19,33	8,91	251,2
ANG 11	0,65	79	0,38	48	9,8	0,66	11,06	3,07	4,84	16,70	9,05	151,6
ANG 12	0,61	86	0,36	50	8,6	0,29	11,21	1,98	4,89	11,59	8,18	42,2
ANG 13	0,93	102	0,60	82	8,1	0,38	14,22	2,31	4,66	12,62	11,82	34,7
ANG 14	0,61	85	0,37	212	7,9	0,24	12,12	1,79	0,005	8,21	6,36	24,9
ANG 15	0,66	49	0,39	60	6,6	0,32	11,77	1,85	4,81	8,91	8,05	31,5
ANG 16	0,77	105	0,44	59	9,5	0,43	13,46	2,40	5,78	13,53	11,97	59,8
ANG 17	0,70	42	0,43	74	7,2	0,30	12,63	1,82	1,96	6,05	7,69	20,6

BR 01	1,34	120	0,55	109	9,6	0,42	15,23	2,51	7,03	5,07	10,59	21,1
BR 02	1,78	348	0,84	119	13,2	0,55	18,50	3,33	10,71	7,06	17,50	26,9
BR 03	2,33	394	0,98	157	19,6	0,71	24,88	4,31	14,67	7,99	20,63	35,4
BR 04	3,13	916	1,36	183	27,1	0,79	30,94	5,11	22,27	8,00	27,68	42,7
BR 05	1,28	423	0,50	45	13,2	0,37	11,49	2,42	4,93	3,12	13,59	19,6
BR 06	2,34	958	1,16	127	28,7	0,77	28,30	4,88	17,11	7,26	26,66	43,1
BR 07	2,58	250	0,96	217	17,0	0,73	26,23	4,52	14,30	8,70	21,06	38,7
BR 08	2,12	326	0,89	139	13,6	0,54	20,79	3,38	10,48	6,40	16,76	27,7
BR 09	1,80	496	0,75	116	17,8	0,57	21,17	3,39	11,04	5,27	16,97	30,1
BR 10	2,66	363	1,07	202	20,3	0,77	29,27	4,69	15,54	8,64	21,43	40,6
BR 13	1,56	120	0,62	132	13,3	0,48	15,66	2,87	8,76	6,98	14,10	22,9
BR 14	1,84	370	0,79	140	19,0	0,63	20,90	3,88	11,07	7,42	20,60	32,7
BR 15	1,71	151	0,77	164	11,6	0,48	17,71	2,89	10,92	7,26	14,84	25,1
BR 16	1,54	210	0,81	413	16,4	0,59	19,36	3,28	9,93	7,25	15,81	30,0
BR 17	1,32	133	0,53	119	10,9	0,42	13,75	2,48	8,17	5,52	12,45	21,4
BR 19	1,00	68	0,50	114	8,2	0,39	13,45	2,14	5,87	5,14	9,55	20,6
BR 20	0,56	38	0,49	108	4,4	0,35	15,42	1,94	10,49	5,79	2,41	20,6
BR 21	2,85	636	1,05	126	22,3	0,79	27,86	4,96	14,12	6,11	22,81	38,7
BR 22	1,30	227	0,52	94	10,0	0,43	14,41	2,73	9,05	3,94	11,71	21,3
BR 23	0,93	85	0,43	180	6,8	0,34	11,71	1,96	6,41	4,44	9,63	17,4
BR X	0,84	56	0,46	79	5,5	0,29	10,72	1,66	6,20	4,14	6,85	15,7
ARIRO	1,19	59	0,51	111	6,8	0,21	14,99	2,50	4,94	3,30	8,95	19,9
BRACUI	0,46	556	0,24	56	7,5	0,11	6,63	1,19	0,005	1,46	6,05	15,0
CEU 01	0,92	293	0,88	51	20,3	0,65	9,44	3,60	3,61	8,10	18,19	42,8
CEU 02	0,84	52	0,57	47	10,1	0,40	11,64	2,24	7,54	6,09	11,08	30,0
CEU 03	1,45	106	0,99	76	17,2	0,64	18,53	3,55	11,02	10,09	18,38	45,7
CEU 05	0,66	40	0,46	45	7,1	0,36	11,35	1,90	6,84	5,46	7,21	27,8
CEU 06	0,22	64	0,22	17	4,5	0,13	6,93	0,95	7,55	3,23	3,47	12,2
CEU 07	0,97	48	0,65	64	8,8	0,44	15,42	2,36	9,31	6,87	9,30	34,0
CEU 08	0,86	45	0,54	57	9,3	0,44	14,15	2,37	6,76	6,18	8,60	34,3
EST 01	0,50	34	0,35	47	5,6	0,31	9,15	1,58	3,62	5,35	6,34	22,7
EST 02	0,64	99	0,36	43	9,7	0,27	8,41	1,62	0,005	5,55	5,39	28,6
EST 03	0,43	30	0,27	36	5,3	0,21	7,86	1,15	1,87	3,89	4,35	18,3
EST 04	0,51	20	0,34	43	4,6	0,26	9,09	1,36	4,43	4,07	5,00	19,8

EST 05	0,52	21	0,33	46	5,0	0,26	9,67	1,40	3,14	4,29	5,07	21,1
EST 06	0,49	26	0,36	45	5,1	0,25	9,17	1,32	3,00	4,85	4,70	20,8
EST 07	0,53	19	0,32	53	4,8	0,25	9,84	1,35	1,65	4,10	5,17	20,6
EST 08	0,46	17	0,30	45	4,6	0,24	8,78	1,29	3,61	4,04	5,02	19,2
EST 09	0,55	19	0,37	58	4,9	0,29	11,14	1,54	4,83	4,97	6,18	24,2
EST 10	0,55	19	0,39	59	5,1	0,28	11,15	1,52	4,93	5,23	5,90	23,8
EST 11	0,53	21	0,37	57	5,4	0,30	10,94	1,67	2,84	4,93	5,21	23,0
MAM 01	1,96	820	0,66	84	18,8	0,49	18,35	2,86	7,68	4,80	19,90	25,5
MAM 02	1,62	672	0,58	88	17,2	0,50	18,38	2,81	8,46	4,96	19,06	25,5
MAM 03	1,71	837	0,64	88	18,1	0,51	18,39	2,88	9,02	4,97	20,10	26,3
MAM 04	2,03	921	0,69	94	21,8	0,58	20,73	3,27	9,19	5,21	22,70	28,9
MAM 05	1,66	684	0,60	86	17,8	0,52	18,78	2,90	9,03	5,53	19,89	26,6
MAM 06	1,46	600	0,48	65	16,2	0,45	16,28	2,49	6,35	4,52	16,45	23,1
MAM 07	1,79	757	0,59	91	19,8	0,52	18,89	2,94	7,17	4,96	19,17	26,7
MAM 08	1,48	584	0,52	72	15,3	0,44	15,99	2,52	6,07	4,39	16,75	22,3
MAM 09	1,75	742	0,59	85	18,3	0,49	17,41	2,87	8,38	4,39	18,52	25,6
MAM 10	1,29	629	0,53	77	15,5	0,46	15,87	2,57	4,29	5,59	17,21	23,8
MAM 11	1,56	653	0,51	73	17,1	0,45	16,43	2,61	7,81	4,55	17,75	23,1
MAM 12	1,67	782	0,63	80	17,8	0,49	17,34	2,75	8,08	5,49	18,95	25,4
MAM 13	1,60	774	0,64	75	17,5	0,52	18,13	2,75	8,50	5,66	19,33	25,9
MAM 14	1,91	714	0,53	74	18,1	0,44	16,59	2,64	8,26	3,35	16,81	23,8
MAM 15	1,50	673	0,57	73	14,7	0,45	15,68	2,49	6,28	5,15	16,09	22,9
MAM 17	1,73	722	0,66	80	17,3	0,50	18,34	2,79	6,31	5,07	18,87	25,9
MAM 18	1,60	589	0,64	84	15,7	0,54	17,67	3,00	7,07	6,04	20,49	26,0
MAM 19	1,94	894	0,89	102	16,8	0,59	20,56	3,13	6,52	6,65	23,67	29,2
MAM 20	1,46	600	0,55	68	15,7	0,47	16,30	2,61	5,16	5,21	18,23	24,1
MAM 21	1,40	596	0,53	71	15,6	0,48	16,14	2,63	7,86	5,09	17,16	23,8
MAM 22	1,30	524	0,41	52	12,8	0,37	12,71	2,09	5,81	3,50	13,34	19,1
MAM 23	1,33	541	0,50	66	12,9	0,42	14,09	2,25	6,00	4,26	14,83	20,4
PALM 01	0,61	831	0,35	70	7,9	0,33	17,95	1,46	0,005	1,96	5,98	19,6
PALM 02	5,08	2605	1,85	438	47,7	1,59	54,81	9,06	21,09	19,52	54,51	76,5
PALM 03	0,74	45	0,40	61	9,1	0,32	11,90	1,88	4,25	4,29	7,57	23,9
PALM 04	0,77	47	0,39	63	9,3	0,32	11,79	1,87	2,14	3,79	7,54	23,2
PALM 05	0,91	69	0,43	76	11,0	0,35	12,66	2,09	2,71	3,84	9,08	24,0

PALM 06	0,65	37	0,34	59	7,7	0,29	10,70	1,63	2,18	3,50	6,01	21,1
PALM 07	0,45	184	0,39	85	19,3	0,34	10,02	1,63	0,005	4,24	10,01	16,1
PALM 08	0,58	97	0,30	50	10,5	0,24	8,66	1,40	0,005	4,67	2,17	19,7
PALM 09	0,57	70	0,29	53	7,7	0,20	9,09	1,41	0,005	4,75	1,88	20,9
PALM 10	0,33	48	0,18	35	5,1	0,11	5,59	0,88	0,005	1,90	0,01	11,8
PALM 11	0,84	53	0,40	81	9,9	0,35	13,08	2,01	2,09	4,25	7,74	24,9
PALM 12	0,29	48	0,11	27	4,4	0,05	3,69	0,64	0,005	2,83	0,01	7,6
PALM 13	0,54	79	0,20	66	9,0	0,15	6,59	1,10	0,005	1,41	0,23	14,7
PAR 01	1,85	1232	0,77	199	48,1	0,68	12,83	3,99	7,44	7,55	28,83	33,6
PAR 02	1,62	777	0,65	187	30,7	0,56	17,34	3,10	9,63	5,67	21,71	27,1
PAR 04	1,77	1026	0,56	248	34,2	0,50	15,19	2,90	6,43	6,58	22,10	26,6
PAR 05	1,63	758	0,67	151	22,7	0,50	17,49	2,83	6,59	5,91	20,33	25,7
PAR 06	1,39	804	0,52	168	22,7	0,40	13,33	2,24	6,09	5,01	16,68	22,5
PAR 07	1,17	481	0,37	137	15,9	0,32	11,04	1,82	4,02	3,53	12,23	16,5
PAR 08	1,48	793	0,53	167	23,1	0,49	15,39	2,64	6,30	5,61	17,63	22,5
PAR 09	1,38	572	0,50	103	13,1	0,46	16,53	2,50	8,66	4,15	15,64	23,6
SF 02	0,87	61	0,41	56	20,7	0,37	12,21	2,08	2,38	4,72	9,36	29,5
SF 03	0,92	84	0,49	67	21,2	0,41	13,39	2,38	5,30	5,20	10,15	27,8
SF 05	1,14	218	0,65	73	35,5	0,54	12,90	2,99	4,27	6,15	12,07	34,2
SF 06	1,30	115	0,70	127	22,9	0,53	19,40	3,04	0,41	7,64	10,56	33,2
SF 07	1,16	77	0,55	80	19,0	0,43	15,54	2,47	4,93	5,62	10,05	28,9
SF 08	0,70	39	0,47	76	8,7	0,34	12,88	1,90	4,93	4,85	5,70	23,8
SF 09	0,94	40	0,54	97	10,7	0,39	15,04	2,10	3,48	5,62	8,30	26,3
SF 10	0,76	27	0,43	96	8,7	0,34	12,73	1,92	5,62	4,48	6,98	22,8
SF 12	0,74	45	0,44	75	11,1	0,36	12,90	2,08	5,04	5,13	7,32	25,6
SF 13	0,44	34	0,34	50	5,3	0,25	10,57	1,50	0,005	4,55	2,68	21,1
SF 14	0,94	301	0,94	107	31,2	0,24	14,53	3,13	0,005	6,08	13,53	41,4
SF 15	0,87	464	0,71	110	38,2	0,14	10,13	2,70	0,005	3,58	10,45	42,6
SF 16	0,89	28	0,56	134	9,5	0,20	15,52	2,46	1,84	5,14	7,58	29,1
SF 17	0,77	41	0,55	82	8,9	0,18	13,75	2,14	0,005	4,65	6,47	23,5
SF 18	0,50	39	0,46	57	7,5	0,11	11,84	1,76	0,005	3,70	1,76	21,1
SF 19	0,85	66	0,59	73	13,0	0,18	13,68	2,38	0,005	5,09	8,40	27,7
SF 20	0,66	39	0,41	52	9,2	0,16	10,69	1,88	0,005	3,53	6,71	20,6
SF 21	0,86	54	0,60	61	11,5	0,20	12,43	2,30	0,005	4,41	8,94	25,0

SF 22	0,86	102	0,62	71	18,5	0,23	12,78	2,60	0,005	5,56	10,41	36,7
SF 23	0,48	98	0,36	62	13,8	0,13	7,87	1,44	0,005	1,46	2,56	20,0
SF 24	0,72	71	0,47	67	15,2	0,17	9,49	2,02	0,005	3,08	7,44	23,3
SF 25	0,81	67	0,54	71	14,1	0,21	12,45	2,47	0,14	4,48	9,24	27,6
SF 26	0,85	86	0,56	51	17,5	0,20	9,89	2,36	0,005	3,87	10,53	25,5

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)