



TECNOLOGIA PARA O MEIO AMBIENTE



**SAMARCO MINERAÇÃO S.A.**

**ESTUDO DA QUALIDADE DE SEDIMENTOS DA PRAIA  
DO ALÉM – ANCHIETA-ES. CONDICIONANTE 2.1.8**



**RELATÓRIO TÉCNICO**  
**Outubro/2008**



## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	10
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS.....	12
4.3 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DO SEDIMENTO .....	13
4.4 ANÁLISES QUÍMICAS DO SEDIMENTO.....	16
4.4.1 METAIS PESADOS .....	16
4.5 TESTES DE TOXICIDADE .....	16
4.5.1 ÁGUA INTERSTICIAL E ELUTRIATO.....	16
4.5.2 SEDIMENTO INTEGRAL.....	17
4.5.3 CONTROLE DA QUALIDADE.....	18
4.6 TRATAMENTO PRÉVIO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE TOXICIDADE .....	18
4.7 ANÁLISE DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA .....	19
4.8 INTEGRAÇÃO DOS DADOS DA TRÍADE .....	20
4.8.1 RTR (RATIO TO REFERENCE).....	20
4.8.2 RTM (RATIO TO MAXIMUM) .....	21
4.8.3 CORRELAÇÕES MÚLTIPLAS.....	22
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
5.1 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DO SEDIMENTO .....	22
5.1.1 COMPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS .....	22
5.1.2 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA .....	23
5.1.3 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS .....	27
5.2 ANÁLISES QUÍMICAS DO SEDIMENTO.....	29
5.2.1 METAIS PESADOS.....	29
5.2.2 ARSÊNIO .....	30
5.2.3 CÁDMIO.....	31
5.2.4 CHUMBO .....	31
5.2.5 COBRE .....	32



5.2.6	CROMO .....	33
5.2.7	FERRO .....	33
5.2.8	MANGANÊS .....	34
5.2.9	MERCÚRIO .....	35
5.2.10	NÍQUEL.....	36
5.2.11	ZINCO.....	37
<b>6.</b>	<b>TESTES DE TOXICIDADE .....</b>	<b>39</b>
6.1	FRAÇÃO LÍQUIDA DO SEDIMENTO .....	39
6.1.1	ÁGUA INTERSTICIAL.....	39
6.1.2	ELUTRIATO.....	42
6.1.3	FRAÇÃO SÓLIDA DO SEDIMENTO .....	45
6.2	ESTRUTURA DA MACROFAUNA BENTÔNICA .....	49
6.2.1	ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA COMUNIDADE BENTÔNICA .....	49
6.2.2	ABUNDÂNCIA RELATIVA .....	49
6.2.3	RIQUEZA .....	51
6.2.4	DOMINÂNCIA .....	54
6.2.5	DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE .....	55
6.2.6	SIMILARIDADE .....	57
6.2.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA .....	58
6.3	INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA TRÍADE .....	60
6.3.1	RTR.....	60
6.3.2	RTM .....	66
6.3.3	CORRELAÇÕES MÚLTIPLAS.....	73
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>76</b>
<b>9.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>10.</b>	<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>80</b>
<b>11.</b>	<b>CONTRATANTE.....</b>	<b>81</b>
<b>12.</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>81</b>
<b>13.</b>	<b>DECLARAÇÕES .....</b>	<b>82</b>
13.1	DIRETOR DO ESTUDO.....	82



## 1. APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da 1ª Campanha de avaliação da qualidade do sedimento da praia do Além – Anchieta, localizada ao sul do Porto de Ubu da Samarco Mineração S.A., utilizando o método TQS (Tríade de Qualidade de Sedimentos).

## 2. INTRODUÇÃO

Os sedimentos de ambientes aquáticos são receptores finais da maioria dos compostos naturais e antropogênicos lançados na água. Em muitos casos, o sedimento acumula compostos em concentrações muito mais elevadas do que a coluna de água, tornando o ambiente sedimentar, além de um depósito, uma fonte crônica de recontaminação para a coluna de água. Algumas das principais vias de contaminação para o sedimento são a descarga de efluentes, deposição de emissões atmosféricas, fontes não pontuais e derramamentos acidentais.

Devido ao reconhecimento da importância dos sedimentos e dos problemas decorrentes da sua contaminação foram desenvolvidos vários métodos de avaliação da sua qualidade, com a finalidade de monitorar suas condições e fornecer subsídios para o controle das fontes poluidoras e de recuperação de áreas impactadas (Abessa *et al*, 1998).

Os testes de toxicidade com frações líquidas e total do sedimento têm sido bastante utilizados em avaliações ambientais. As amostras líquidas extraídas do sedimento, como água intersticial e elutriato, podem ser avaliadas através de ensaios com bactérias, fito e zooplâncton, embriões de bivalves e de equinodermas. Os resultados avaliados vão desde efeitos agudos letais até subletais, como efeitos na osmorregulação, respiração e desenvolvimento larval. Os testes com elutriato diferem dos testes com sedimento integral, pois avaliam a



toxicidade da amostra líquida sobrenadante, retirada após a ressuspensão e a decantação das partículas do sedimento. A análise do elutriato indica os possíveis efeitos da atividade de dragagem ou de outro tipo ressuspensão sobre os organismos da coluna de água (Lamberson *et al.*, 1992).

Os testes com a fase sólida produzem uma medida direta e integrada da toxicidade resultante da mistura de poluentes no sedimento aos organismos bentônicos que se alimentam dele.

Apesar de muito úteis os testes de toxicidade além de não indicar qual é o causados da toxicidade não reproduzem as mesmas condições da natureza, apesar de todos os esforços para reproduzir a situação real.

As análises químicas consistem simplesmente em listagens das substâncias presentes no sedimento e suas concentrações, sendo utilizadas para determinar o grau e a natureza da contaminação. Porém, não é indicadora dos seus efeitos biológicos. Tais análises, junto aos testes de toxicidade, possibilitam estabelecer relações entre contaminação e toxicidade.

Dentre os estudos ecológicos, o da estrutura da fauna bentônica é um excelente indicador, pois parte do pressuposto que a deposição dos contaminantes no sedimento causa modificações na comunidade bentônica. Além disso, muitos organismos da fauna bentônica têm pequena capacidade de locomoção, não podendo evitar a poluição; e o ciclo de vida desses organismos permite estudar efeitos em longo prazo (Rakocinski *et al.*, 1996).

Entretanto, o estudo da estrutura da fauna bentônica isoladamente, tem levado a uma série de dúvidas nas interpretações dos resultados, principalmente devido a variações de natureza física e geológica (Norton *et al.*, 2002) da região onde se encontram, tais como hidrodinâmica local (Rakocinski *et al.*, 1996), granulometria e o percentual de carbono orgânico total do sedimento (Sims, 1996).

Assim, cada vez mais têm sido utilizados estudos integrados para avaliar a qualidade dos sedimentos.

Dentre os métodos integrados de avaliação da qualidade do sedimento destaca-se a Tríade de Qualidade de Sedimentos (TQS), desenvolvida por Long e Chapman (1985), que consiste na integração de três componentes: a análise química de contaminantes no sedimento; os testes de toxicidade; e o levantamento da estrutura das comunidades bentônicas (Figura 1). Segundo Chapman (1990), a informação fornecida por cada componente da Tríade é única e complementar; e as informações produzidas por cada um dos 3 componentes da tríade fornecem conhecimentos sobre a presença e a biodisponibilidade dos contaminantes que induzem ou determinam o estado de degradação dos sedimentos no ambiente (Chapman,1990).

Carr *et al.* (1996a) citam que a TQS é uma das melhores ferramentas para se determinar o grau com que os contaminantes são responsáveis pela degradação da qualidade do sedimento.

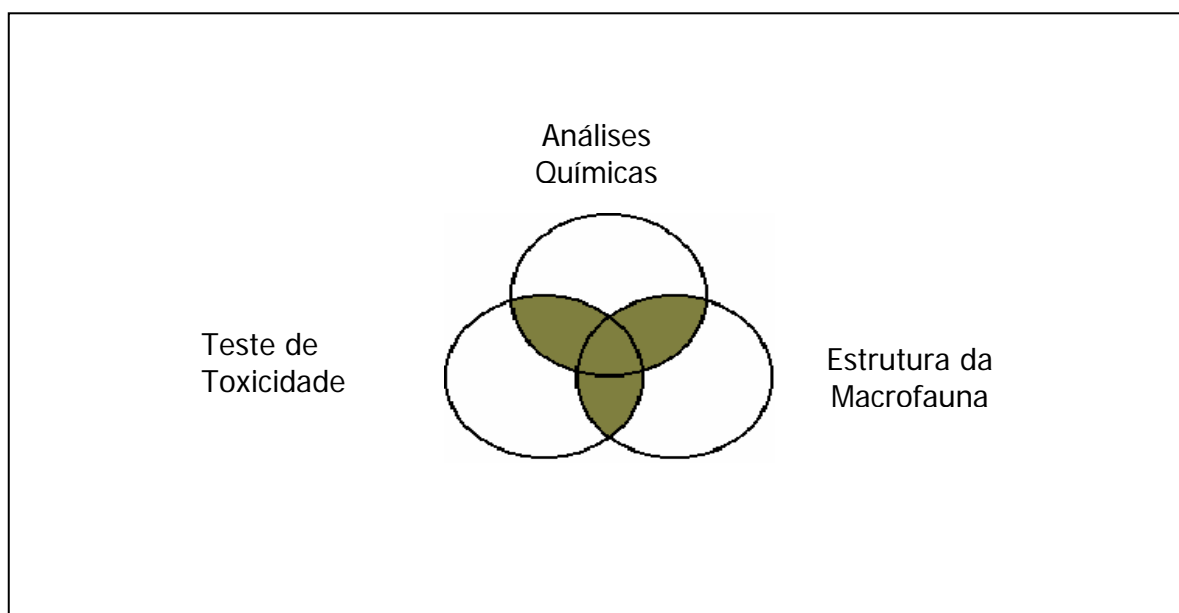


Figura 1. Ilustração da integração das análises usadas na TQS.



As principais vantagens do uso da Tríade, segundo Chapman (1990) e Abessa *et al.* (1998) são: oferecer evidências (baseadas em observações) da qualidade do sedimento; permitir uma interpretação ecológica das propriedades físicas, químicas e biológicas relativas ao ambiente real; poder ser usada para qualquer tipo de sedimento; gerar dados que podem ser usados para desenvolver índices de classificação de qualidade de sedimentos.

No Brasil este tipo de avaliação integrada também vem sendo aplicada em regiões impactadas como na Lagoa dos Patos, RS (Zamboni, 2000), na Baía e no Estuário de Santos, SP (Abessa, 2002), na Baía de Todos os Santos, BA (Hydros – CH2MHILL, 2004), em áreas marinhas impactadas por efluentes industriais (Furley, 2006) e em regiões pouco impactadas como no litoral norte da Baixada Santista em Bertioga, SP (Zaroni, 2006).

### 3. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade do sedimento da Praia do Além, em atendimento a condicionante 2.1.8, utilizando o método da TQS.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrangeu a Praia do Além e a Praia de Ubu, no município de Anchieta - ES. Os pontos de coleta foram distribuídos em Radiais (A, B, C e D). Em cada radial foram amostrados 5 pontos, sendo 3 pontos (1, 2 e 3) amostrados em face de praia e 2 pontos (4 e 5) em área submersa, de acordo com o apontado na Figura 2 à seguir.



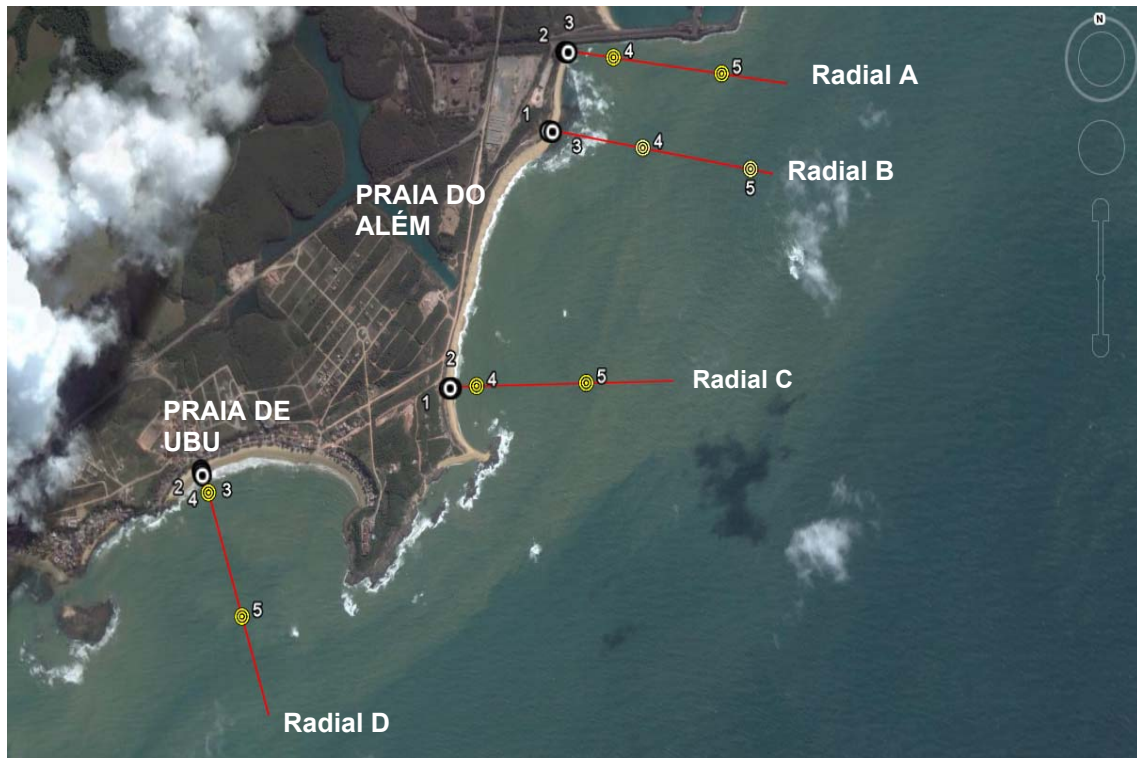


Figura 2. Localização da área de estudo, apontando as radiais e os pontos de coleta.

Na face de praia, os pontos 1, 2 e 3 representam o meso litoral superior, meso litoral e meso litoral inferior, respectivamente.

Na área submersa, no Infralitoral, os pontos 4 e 5 situam-se aproximadamente a 100 e 500 metros da praia. As exceções ocorreram quando o fundo era rochoso e impossibilitava a coleta de sedimento.





**Tabela 1. Localização geográfica dos pontos de coleta (WGS-1984)**

RADIAIS	PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
Radial A	A1	20° 47' 18,98"S	40° 34' 38,73"O
	A2	20° 47' 19,03"S	40° 34' 38,42"O
	A3	20° 47' 19,08"S	40° 34' 38,13"O
	A4	20° 47' 20,28"S	40° 34' 31,21"O
	A5	20° 47' 23,24"S	40° 34' 14,21"O
Radial B	B1	20° 47' 28,90"S	40° 34' 41,87"O
	B2	20° 47' 28,96"S	40° 34' 41,54"O
	B3	20° 47' 29,03"S	40° 34' 41,23"O
	B4	20° 47' 31,98"S	40° 34' 27,28"O
	B5	20° 47' 35,56"S	40° 34' 10,41"O
Radial C	C1	20° 48' 00,48"S	40° 34' 59,62"O
	C2	20° 48' 00,50"S	40° 34' 59,27"O
	C3	20° 48' 00,50"S	40° 34' 58,93"O
	C4	20° 48' 00,62"S	40° 34' 35,30"O
	C5	20° 48' 01,13"S	40° 34' 38,02"O
Radial D	D1	20° 48' 08,68"S	40° 35' 39,05"O
	D2	20° 48' 09,04"S	40° 35' 38,96"O
	D3	20° 48' 09,39"S	40° 35' 38,85"O
	D4	20° 48' 11,76"S	40° 35' 38,19"O
	D5	20° 48' 27,47"S	40° 35' 33,75"O

## 4.2 COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta das amostras nos pontos 1, 2 e 3 foi realizada nos dias 19, 20 e 21 de maio de 2008, durante a maré baixa. Nos pontos 1 e 2, que estavam secos durante a coleta, foram coletadas amostras de sedimento somente para a



avaliação da estrutura da comunidade bentônica. As amostras de sedimento dos pontos 3, 4 e 5, que se encontravam úmidos ou submersos, foram coletadas nos dias 20 e 21 de maio de 2008 para determinação granulométrica, análises químicas, estrutura da comunidade bentônica e toxicidade, com o objetivo de realizar posteriormente a análise integrada dos dados.

Na região entre marés (Figura 3), as coletas foram feitas com auxílio de um corer de 20 cm de diâmetro e 20 cm de profundidade. Em cada ponto foram amostrados 3 corers. Na região submersa, 3 amostras foram coletadas em cada Ponto com auxílio de um busca fundo, quali-quantitativo, do tipo Petersen. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos duplos, devidamente identificados de acordo com o tipo de análise a ser realizada (granulometria, análise química, estrutura bentônica e toxicidade), e mantida em isopor com gelo.



Figura 3: Região entre marés da Praia do Além.

#### 4.3 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DO SEDIMENTO

As amostras de sedimento passaram por uma preparação prévia que consiste na retirada dos sais, secagem, quarteamento e pesagem de 50g.



Antes da análise da granulométrica, foi realizada a retirada e a quantificação dos teores de matéria orgânica por dissolução com  $H_2O_2$  em placa aquecida. A partir da diferença entre o peso inicial e final foi obtido o teor de matéria orgânica na amostra. A análise granulométrica foi realizada com os sedimentos sem a matéria orgânica, e consistiu na técnica de peneiramento a seco para a fração grossa e de separação via úmida para a determinação do teor de finos, conforme descrito por SUGUIO (1973).

Para a determinação dos parâmetros estatísticos que caracterizam as distribuições granulométricas da fração arenosa foi adotada a metodologia proposta por FOLK & WARD (1957), onde os valores para o cálculo de tais parâmetros foram obtidos através da determinação de percentis a partir da curva granulométrica acumulada traçada em gráfico de probabilidade aritmética. Os diâmetros dos sedimentos foram expressos em escala  $\Phi$  ( $\Phi$ ), introduzida por KRUMBEIN (1934), que transforma a progressão geométrica de razão 2, dos intervalos das classes texturais expressas em mm, onde  $F_i = -\log_2 mm$ , (Tabela 2), o que representa mais adequadamente a tendência de distribuição log-normal dos sedimentos.

Foram compilados valores estatísticos da média, mediana, seleção e assimetria. A classificação estatística descritiva foi feita de acordo com Wentworth (1922) e Folk (1968) apud Guerra & Cunha (1996), e encontra-se apresentada nas Tabelas 2, 3 e 4.



**Tabela 2: Intervalos de classes estabelecidos por Wentworth (1922).**

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>Fi (<math>\Phi</math>)</b>	<b>(mm)</b>
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,062
Silte	4 a 8	0,062 a 0,004
Argila	8 a 12	0,004 a 0,0002

**Tabela 3: Grau de seleção segundo Folk (1968) apud Guerra & Cunha (1996).**

<b>Grau de seleção</b>	<b>Fi (<math>\Phi</math>)</b>
Muito bem selecionado	0 a 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,50
Moderadamente bem selecionado	0,50 a 0,71
Moderadamente selecionado	0,71 a 1
Mal selecionado	1 a 2
Muito mal selecionado	2 a 4
Extremamente mal selecionado	>4

**Tabela 4: Grau de assimetria segundo Folk (1968) apud Guerra & Cunha (1996).**

<b>Fi (<math>\Phi</math>)</b>	<b>Assimetria</b>
	<b>Classificação</b>
1 a 0,3	Muito positiva
0,3 a 0,1	Positiva
0,1 a -0,1	Aproximadamente simétrica
-0,1 a -0,3	Negativa
-0,3 a -1	Muito negativa



## 4.4 ANÁLISES QUÍMICAS DO SEDIMENTO

### 4.4.1 Metais Pesados

As amostras de sedimento foram analisadas quimicamente pelo Laboratório Bioagri Ambiental. Os metais As, Fe, Cd, Pb, Cu, Cr, Mn, Ni e Zn foram analisados segundo o método da EPA 6010 B – *Inductively Coupled Plasma (ICP) Method* e o Hg de acordo com EPA 245.7 – *Mercury in Water by Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry*.

## 4.5 TESTES DE TOXICIDADE

### 4.5.1 Água Intersticial e Elutriato

Os sedimentos usados para extrair a água intersticial foram coletados com o busca fundo do tipo Petersen e auxílio de mergulhador.

A água intersticial foi extraída no mesmo dia da coleta de sedimento pelo método de sucção descrito por Winguer & Lasier (1991). Este método consiste em extrair a água do sedimento com auxílio de uma pedra porosa conectada a uma seringa de 60ml através de uma cânula de silicone. A pedra porosa foi inserida na amostra de sedimento e o embôlo da seringa foi puxado e mantido por uma estaca, mantendo uma pressão negativa no interior da seringa, permitindo que a água intersticial passasse para dentro da seringa. Essas amostras ainda foram centrifugadas por 6 minutos a 3700 rpm, acondicionadas em frasco âmbar, e mantidas em geladeira por 12 horas até o início dos testes.

A preparação do elutriato foi realizada em 23 maio de 2008, conforme o Procedimento de Preservação e Preparo de Amostras (ABNT – NBR 15 469), no qual o elutriato é obtido pela mistura de uma parte de sedimento com quatro



partes de água de diluição. A mistura foi submetida à agitação por 30 min com velocidade suficiente para ressuspender o material. Após a sedimentação por 1 hora, o sobrenadante foi sifonado e usado no teste de toxicidade.

A metodologia utilizada para os testes de toxicidade crônica com a fração líquida do sedimento foi a recomendada pela NBR 15350 – Método de Ensaio com ouriço-do-mar (Echinodermata: Echinoidea) 2006, na qual os embriões do ouriço-do-mar *Echinometra lucunter* foram expostos a cinco concentrações de amostras de elutriato por 36 horas. Ao final do período de exposição, foram contados os números de embriões normais e afetados. No início dos testes foram medidos os parâmetros físico-químicos em todas as amostras analisadas, a fim de avaliar uma possível interferência nos testes de toxicidade. Para a medição de amônia foi utilizado o equipamento METROHN 781.

#### 4.5.2 Sedimento Integral

O teste de toxicidade de efeito crônico com sedimento total e o copépoda bentônico do gênero *Nitocra* sp consistiu na exposição de fêmeas ovadas retiradas do cultivo às amostras do sedimento por um período de 10 dias. O sistema de exposição foi realizado em frascos de 20mL de capacidade com cerca de 2 gramas da amostra de sedimento e 10mL de água limpa em salinidade 20 psu, na temperatura  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sob iluminação constante. Após o período de exposição todo o conteúdo foi fixado e corado para posterior contagem do número de adultos e da prole (náuplios e copepoditos) sob estereoscópio com aumento de 50X.

Após a contagem, a soma do número de copepoditos e náuplios foi dividida pelo número de adultas, obtendo-se então a taxa de eclosão de ovos. As amostras foram identificadas como tóxicas e não tóxicas por meio da diferença significativa entre os valores da taxa de eclosão obtida no sedimento das radiais Praia de Ubu



(referência) e das amostras de sedimentos das 3 radiais da Praia do Além (área de estudo), indicada pelo método estatístico (ANOVA – Dunnetts test).

#### 4.5.3 Controle da Qualidade

Ambos os organismos teste foram avaliados quanto a sua sensibilidade por testes com substâncias tóxicas específicas, cujos limites de sensibilidade para cada espécie já são conhecidos.

Embriões de *Echinometra lucunter* foram submetidos a um teste com sulfato de zinco e os copépodos do gênero *Nitocra* sp foram submetidos ao teste com dicromato de potássio.

#### 4.6 TRATAMENTO PRÉVIO DOS RESULTADOS DOS TESTES DE TOXICIDADE

Os resultados, tanto dos testes com a fração líquida (água intersticial e elutriato) como de sedimento, dos pontos nas radiais da Praia do Além foram estatisticamente comparados aos resultados obtidos nos pontos da radial referência, localizada na praia de Ubu.

As amostras de água intersticial por possuírem salinidade maior que 35psu foram comparadas sempre às amostras dos pontos de referência, com o objetivo de eliminar tal interferência.





#### 4.7 ANÁLISE DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA

Para o estudo da ecologia do bentos, amostras de sedimento foram peneiradas em malha de 0,5 mm e a porção retida na peneira foi armazenada e fixada com formol a 10% para posterior triagem e identificação.

Após a identificação das espécies os seguintes índices foram calculados:

**Abundância relativa:** calculada de acordo com a porcentagem de indivíduos de cada espécie na amostra.

**Número de indivíduos:** Número total de indivíduos de todas as espécies.

**Número de espécies:** número de espécies encontradas nas amostras; somente nesse resultado foi utilizado também os dados referentes às espécies coloniais;

**Riqueza de Margalef:** utiliza o número de espécie e suas abundâncias, utilizando a fórmula:  $S - 1/\log N$ , onde S é o número de espécies e N é o número de indivíduos (ODUM, 1983);

**Índice de Diversidade de Shannon (H')**: envolve a combinação de dois componentes: riqueza e abundância relativa (uniformidade). Este índice foi calculado através da fórmula:  $H' = -\sum p_i \log p_i$ , onde:  $p_i = n_i/N$ , sendo que  $n_i$  corresponde ao valor de importância de cada espécie e N, ao total dos valores de importância;

**Índice de Equitabilidade de Pielou (J):** é um índice de equitabilidade ou uniformidade, em que esta se refere ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo definido por  $J = H/\log S$ , onde: H = Índice de Shannon; S = Número de espécies ou grupos;



**Índice de dominância de Simpson (C):** O Índice de dominância de Simpson mede a probabilidade de 2 (dois) indivíduos, selecionados ao acaso na amostra, pertencer à mesma espécie. Uma comunidade de espécies com maior diversidade terá uma menor dominância. O valor estimado de C varia de 0 (zero) a 1 (um).

**Similaridade:** A análise comparativa dos pontos de amostragem em relação às associações bentônicas incluiu análise de agrupamento (dendrograma) utilizando-se os coeficientes de Sorenson e Bray-Curtis com os dados qualitativos e quantitativos de número de indivíduos e de espécies.

#### 4.8 INTEGRAÇÃO DOS DADOS DA TRÍADE

##### 4.8.1 RTR (*Ratio to Reference*)

O método do RTR utilizado no presente trabalho foi o proposto por Chapman (1990). Nesse método, os dados químicos, ecotoxicológicos e ecológicos foram combinados de modo a evidenciar o grau de degradação das amostras de cada ponto estudado em relação ao sedimento do ponto referência, que não devem ser contaminados, e se possível apresentar características semelhantes aos sedimentos estudados. Os valores de cada parâmetro analisado foram convertidos em números adimensionais denominados índices RTR, dividindo-se o valor médio desse parâmetro pela respectiva média obtida para os sedimentos dos pontos Referência.

Foram calculadas médias dos valores de RTR para cada componente da Tríade, produzindo então um valor para cada componente (I<sub>q</sub> = índice químico, I<sub>t</sub> = índice toxicológico, I<sub>e</sub> = índice ecológico). Estes valores foram então plotados num gráfico de três eixos, de origem comum, onde cada um forma um ângulo de 120° com o outro e representam uma das componentes da Tríade (Chapman, 1996).



#### 4.8.2 RTM (Ratio to Maximum)

No método de integração RTM das 3 diferentes componentes (Toxicidade, Química e Ecologia), os valores obtidos em cada variável é dividido pelo valor médio máximo, observado entre todos os pontos de coleta, produzindo um valor RTM para cada variável.

Para a componente ecotoxicológica foram usados os resultados dos testes de toxicidade de efeito agudo com sedimento integral e de efeito crônico com água intersticial. Ambos foram transformados em valores RTM e a média foi usada como índice de toxicidade (ITm).

Para a componente química, foram usados teores de Arsênio, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco, analisados nas amostras de sedimento dos 12 pontos. O valor obtido para cada um dos elementos foi transformado em valor RTM e posteriormente calculado um valor médio, usado como índice químico (IQm).

Para a componente ecológica foram usados os índices de equitabilidade, dominância, diversidade e riqueza, os valores obtidos de cada índice foram normalizados em valores RTM, e em um valor médio, usado como índice ecológico (IEm).

Cada um dos índices RTM (ITm, IQm e IEm) obtido para cada ponto foi plotado num gráfico de 3 eixos, onde cada índice é o componente de um eixo, os pontos foram unidos formando um triângulo, cuja a área representa o grau de degradação de cada ponto amostrado, ou seja, quanto maior a área do triângulo, maior o nível de degradação.

### 4.8.3 Correlações Múltiplas

As correlações múltiplas foram feitas pelo programa Excel (Microsoft), e foram considerados significativos os coeficientes de correlação que apresentaram valores acima de 0,6 ( $p > 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DO SEDIMENTO

#### 5.1.1 Composição dos Sedimentos

A composição dos sedimentos de acordo com os teores de matéria orgânica, lama e areia estão apresentados na Figura 4 a seguir:

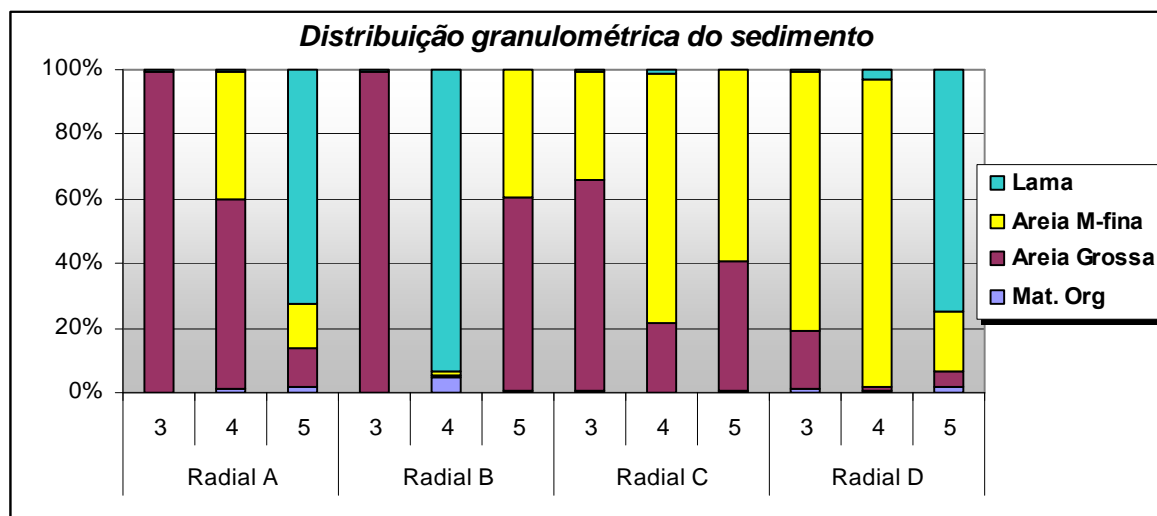


Figura 4: Principais componentes dos sedimentos.

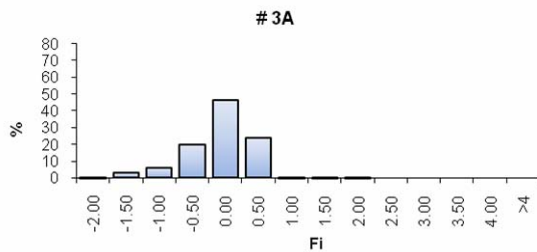
As amostras analisadas apresentaram-se predominantemente arenosas, com exceção das amostras B4, A5 e D5 que apresentaram altos teores de lama, 92,59%, 70,58% e 74,80%, respectivamente. Os teores de matéria orgânica estiveram muito baixos, alcançando o valor máximo de 4,53% na amostra B4.



### 5.1.2 Distribuição Granulométrica

Na Tabela 5 e Figura 5 tem-se a percentagem do peso da fração grossa retida nos diversos intervalos granulométricos e os histogramas da distribuição granulométrica, respectivamente. A classificação dos parâmetros estatísticos descritivos dos sedimentos analisados encontra-se na Tabela 6.

#### Radial A



#### Radial B

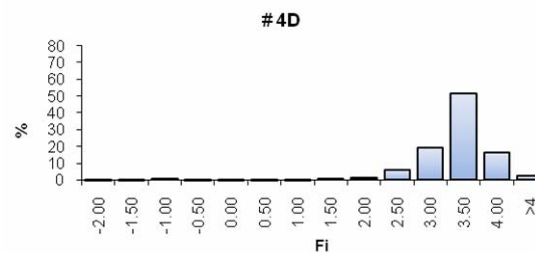
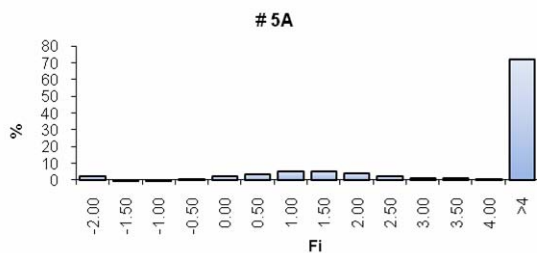
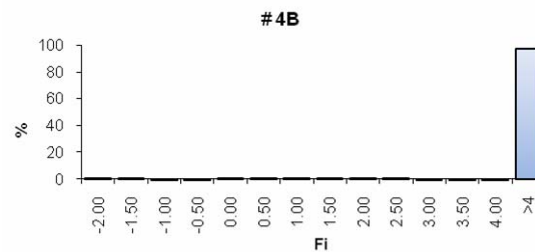
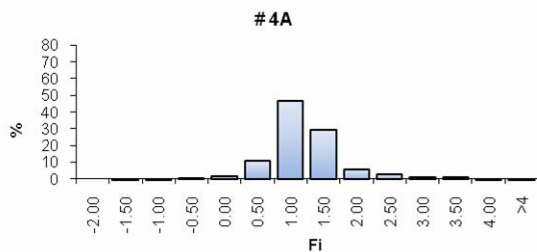
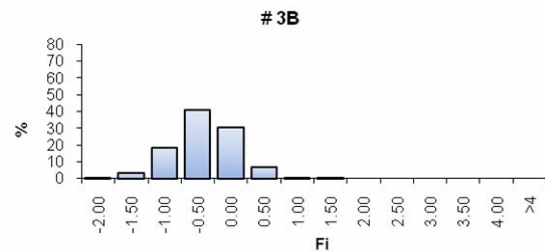
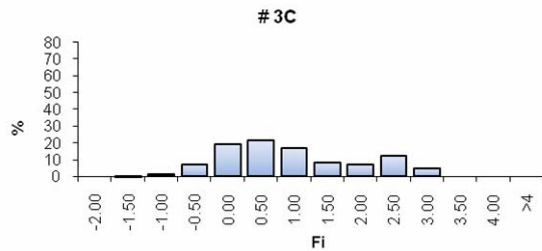


Figura 5: Histogramas da fração arenosa das amostras.



### Radial C



### Radial D

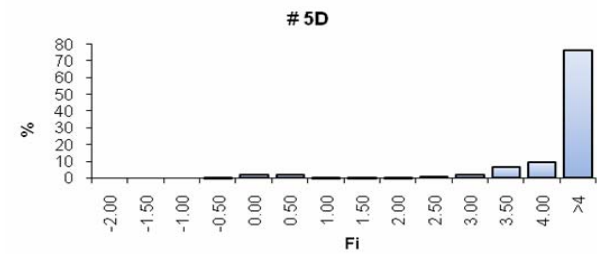
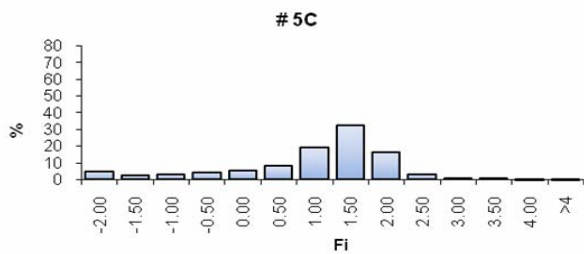
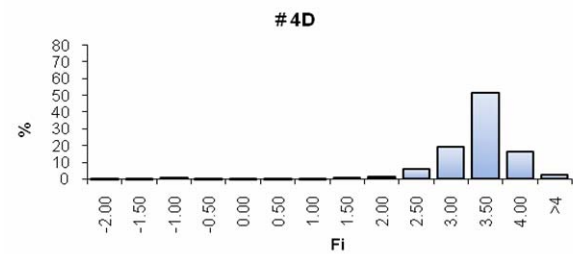
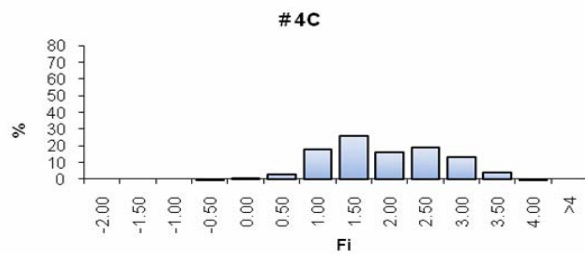
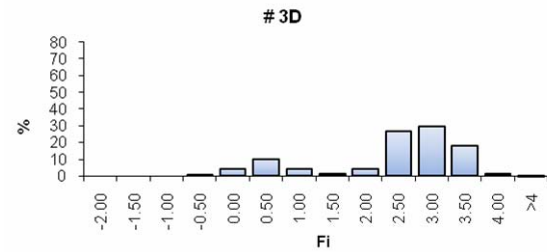


Figura 5: Histogramas da fração arenosa das amostras – CONTINUAÇÃO.



Tabela 5: Percentagem do peso da fração grossa retida nos diversos intervalos granulométricos das amostras.

Phi	RADIAL A			RADIAL B		
	A3	A4	A5	B3	B4	B5
-2,00	0.53	0.00	2.18	0.55	0.51	6.10
-1,50	3.30	0.14	0.12	2.94	0.12	2.06
-1,00	6.27	0.06	0.10	18.42	0.03	2.44
-0,50	19.64	0.30	0.71	40.94	0.09	5.63
0,00	46.20	1.59	2.20	30.09	0.15	14.24
0,50	23.67	10.82	3.40	6.55	0.16	16.43
1,00	0.35	46.98	5.38	0.44	0.41	17.44
1,50	0.02	29.42	5.23	0.06	0.67	16.44
2,00	0.01	5.63	3.81	0.00	0.42	12.02
2,50	0.00	2.60	2.44	0.00	0.20	4.66
3,00	0.00	1.27	1.20	0.00	0.09	1.37
3,50	0.00	0.98	0.90	0.00	0.09	0.73
4,00	0.00	0.15	0.41	0.00	0.07	0.28
> 4,00	0.00	0.05	71.93	0.00	96.98	0.17
Phi	RADIAL C			RADIAL D		
	C3	C4	C5	D3	D4	D5
-2,00	0.00	0.00	4.87	0.00	0.41	0.00
-1,50	0.16	0.00	2.44	0.00	0.40	0.00
-1,00	1.52	0.00	3.13	0.00	0.49	0.00
-0,50	7.18	0.19	4.01	0.64	0.35	0.18
0,00	19.20	0.74	5.27	4.12	0.32	2.18
0,50	21.83	2.63	8.37	10.02	0.31	2.07
1,00	16.93	17.97	19.05	3.86	0.39	0.40
1,50	8.53	25.86	32.60	1.31	0.45	0.15
2,00	7.43	16.08	16.42	4.41	1.04	0.22
2,50	12.35	19.01	2.62	26.83	6.15	0.75
3,00	4.88	13.12	0.59	29.53	19.19	1.77
3,50	0.00	4.28	0.38	18.02	51.32	6.76
4,00	0.00	0.12	0.15	1.20	16.50	9.37
> 4,00	0.00	0.00	0.09	0.05	2.68	76.16





Sedimentos arenosos foram verificados nas amostras dos pontos 3 e 4, da Radial A; 3 e 5 da Radial B; 3, 4 e 5 da Radial C e 3 e 4 da Radial D. Nas amostras dos pontos A3 e B3 os sedimentos foram classificados em areias muito grossas com bom e moderado grau de seleção e leve assimetria para o lado dos grossos e aproximadamente simétrica, respectivamente. Areias grossas com pobre e moderado grau de seleção e assimetria positiva foram encontradas nos pontos A4 e C3. Areias grossas com pobre grau de seleção e assimetria para o lado dos grossos foram verificadas nas amostras dos pontos B5 e C5. Já areias médias, finas e muito finas com moderado, pobre e boa seleção respectivamente foram observadas C4, D3 e D4, respectivamente.

Sedimentos lamo-arenosos foram verificados nas amostras dos pontos A5 e D5, onde a fração arenosa apresentou-se classificada em areia grossa e areia fina, respectivamente. Ambos os pontos apresentaram pobre grau de seleção e assimetria para o lado dos grossos.

Sedimento lamoso foi verificado no Ponto B4, onde a fração arenosa apresentou diâmetro médio classificado em areia grossa e distribuição com pobre grau de seleção, indicando baixo processo de seleção nesse ponto.

**Tabela 6: Classificação dos parâmetros granulométricos da fração arenosa das amostras.**

RADIAL	Estações	Média (Mz) *	Grau de seleção ( $\sigma_1$ )*	Assimetria ( $Sk_1$ )*
Radial A	A3	-0,32 Areia muito grossa	0,52 Moderadamente bem selecionado	-0,19 Assimetria negativa
	A4	0,94 Areia grossa	0,50 Moderadamente bem selecionado	0,17 Assimetria positiva
	A5	0,97 Areia grossa	1,34 Pobrememente selecionado	-0,14 Assimetria negativa



Tabela 6: Classificação dos parâmetros granulométricos da fração arenosa das amostras – CONTINUAÇÃO.

RADIAL	Estações	Média (Mz) *	Grau de seleção ( $\sigma_1$ )*	Assimetria ( $Sk_1$ )*
Radial B	B3	-0,65 Areia muito grossa	0,49 Bem selecionado	-0,00 Aproximadamente simétrica
	B4	0,32 Areia grossa	1,81 Pobrememente selecionado	-0,39 Assimetria muito negativa
	B5	0,57 Areia grossa	1,18 Pobrememente selecionado	-0,13 Assimetria negativa
Radial C	C3	0,75 Areia grossa	1,08 Pobrememente selecionado	0,27 Assimetria positiva
	C4	1,65 Areia média	0,79 Moderadamente selecionado	0,14 Assimetria positiva
	C5	0,77 Areia grossa	1,09 Pobrememente selecionado	-0,47 Assimetria muito negativa
Radial D	D3	2,06 Areia fina	1,12 Pobrememente selecionado	-0,47 Assimetria muito negativa
	D4	3,10 Areia muito fina	0,49 Bem selecionado	-0,26 Assimetria negativa
	D5	2,47 Areia fina	1,49 Pobrememente selecionado	-0,70 Assimetria muito negativa

### 5.1.3 Descrição das amostras

# **A3**: Sedimento arenoso com 0,28% de lama e 0,08% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresentou-se classificada em areia muito grossa, moderadamente bem selecionada e assimetria negativa.



# **A4**: Sedimento arenoso com 0,69% de lama e 1,17% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresentou-se classificada em areia grossa, com pobre grau de seleção e assimetria muito negativa.

# **A5**: Sedimento lamo-arenoso com 70,58% de lama e 1,87% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresenta-se classificada em areia grossa, com pobre grau de seleção e assimetria negativa.

# **B3**: Sedimento arenoso com 0,35% de lama e 0,03% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresentou-se classificada em areia muito grossa, com bom grau de seleção e aproximadamente simétrica.

# **B4**: Sedimento lamoso com 92,59% de lama e 4,53% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresentou-se classificada em areia grossa, com pobre grau de seleção e assimetria muito negativa.

# **B5**: Sedimento arenoso com 0,01% de lama e 0,62% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresenta-se classificada em areia grossa, com pobre grau de seleção e assimetria negativa.

# **C3**: Sedimento arenoso com 0,51% de lama e 0,41% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresentou-se classificada em areia grossa, com pobre grau de seleção e assimetria positiva.

# **C4**: Sedimento arenoso com 1,39% de lama e 0,18% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresenta-se classificada em areia média, com moderado grau de seleção e assimetria positiva.

# **C5**: Sedimento arenoso com 0,12% de lama e 0,30% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração arenosa apresenta-se classificada em areia grossa, com pobre grau de seleção e assimetria muito negativa.



# **D3**: Sedimento arenoso com 0,56% de lama e 1,08% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresentou-se classificada em areia fina, com pobre grau de seleção e assimetria muito negativa.

# **D4**: Sedimento arenoso com 3,13% de lama e 0,53% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração grossa apresenta-se classificada em areia muito fina, com bom grau de seleção e assimetria

# **D5**: Sedimento lamo-arenoso com 74,80% de lama e 1,93% de matéria orgânica. A distribuição granulométrica da fração arenosa apresenta-se classificada em areia fina, com pobre grau de seleção e assimetria muito negativa.

## 5.2 ANÁLISES QUÍMICAS DO SEDIMENTO

### 5.2.1 Metais Pesados

As concentrações de metais analisados nas amostras de sedimento foram comparados aos padrões de qualidade de sedimento marinho do Canadá (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002), uma vez que no Brasil só existem padrões de qualidade de sedimento para material dragado (Resolução CONAMA 344/2004). O presente estudo não trata deste tipo de sedimento, e por esse motivo tais valores forma usados como padrão.

As concentrações dos metais analisados bem como os valores de TEL (*Threshold Effect Level* ou nível de efeito limiar) encontram-se na Tabela 7.



**Tabela 7: Valores de metais analisados no sedimento, bem como os valores de TEL.**

☐ = não há valores estabelecidos para TEL.

	Metais em mg/Kg									
	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>A3</b>	1,3	<0,4	0,6	0,6	416,0	0,066	1,6	<0,4	<0,4	2,5
<b>A4</b>	1,4	<0,5	2,4	<0,5	1974,0	0,056	10,0	<0,5	<0,5	2,4
<b>A5</b>	17,0	<0,4	25,0	<0,4	18699,0	0,120	<0,4	6,8	<0,4	17,0
<b>B3</b>	0,8	<0,4	<0,4	0,5	231,0	0,041	0,9	<0,4	<0,4	2,0
<b>B4</b>	28,0	<0,4	47,0	11,0	31085,0	0,350	402,0	14,0	12,0	32,0
<b>B5</b>	46,0	<0,5	19,0	<0,5	13713,0	0,073	424,0	2,7	4,5	6,2
<b>C3</b>	2,0	<0,4	1,2	<0,4	809,0	0,089	5,2	<0,4	<0,4	3,1
<b>C4</b>	3,4	<0,3	2,6	0,3	1957,0	0,081	10,0	<0,3	0,5	2,0
<b>C5</b>	17,0	<0,4	6,5	1,2	7052,0	0,091	117,0	1,1	1,8	4,9
<b>D3</b>	3,1	<0,5	2,7	<0,5	2571,0	0,080	12,0	<0,5	<0,5	3,5
<b>D4</b>	10,0	<0,4	9,7	0,6	10731,0	0,110	57,0	1,2	3,4	6,6
<b>D5</b>	18,0	<0,4	33,0	7,4	27238,0	0,170	286,0	8,5	8,0	21,0
<b>TEL</b>	<b>7,2</b>	<b>0,7</b>	<b>52,3</b>	<b>18,7</b>		<b>0,13</b>			<b>30,2</b>	<b>124,0</b>

### 5.2.2 Arsênio

De modo geral, os valores de arsênio obtido nas amostras de sedimento da Praia do Além foram elevados, as amostras dos pontos B5, B4, D5, A5, C5 e D4, ultrapassaram o limite de TEL. Diversos estudos realizados no litoral do Espírito Santos e de outras regiões do Brasil (comunicação pessoal – resultados não publicados) têm revelado valores elevados de As, o que leva a crer que tais teores podem ser “background”, não oriundos de atividades antrópicas na região. Os valores de As nas amostras de sedimento estão representados na Figura 6.

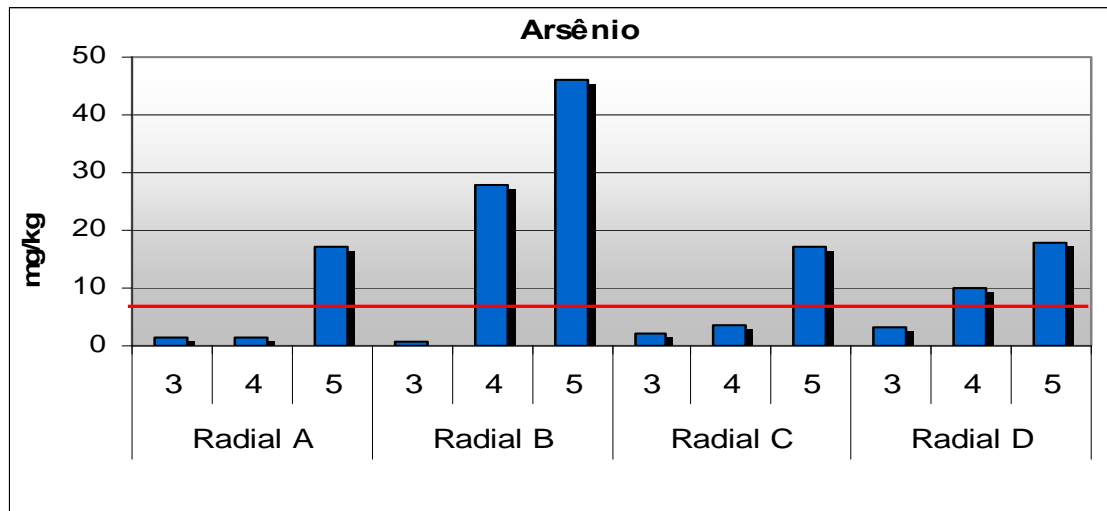


Figura 6: Resultados das concentrações de As nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu). — = TEL.

### 5.2.3 Cádmi

Os teores de cádmio analisados estiveram abaixo do limite de detecção do método em todas as amostras de sedimento analisadas.

### 5.2.4 Chumbo

Quanto ao Chumbo, as amostras dos pontos A3, A4, A5, B3, C3, C4 e D3, apresentaram níveis abaixo do limite de detecção, já os demais pontos apresentaram limites detectáveis, porém abaixo do limite de efeito limiar de TEL. Os valores de Pb em todas as amostras analisadas estão representados na Figura 7, à seguir.

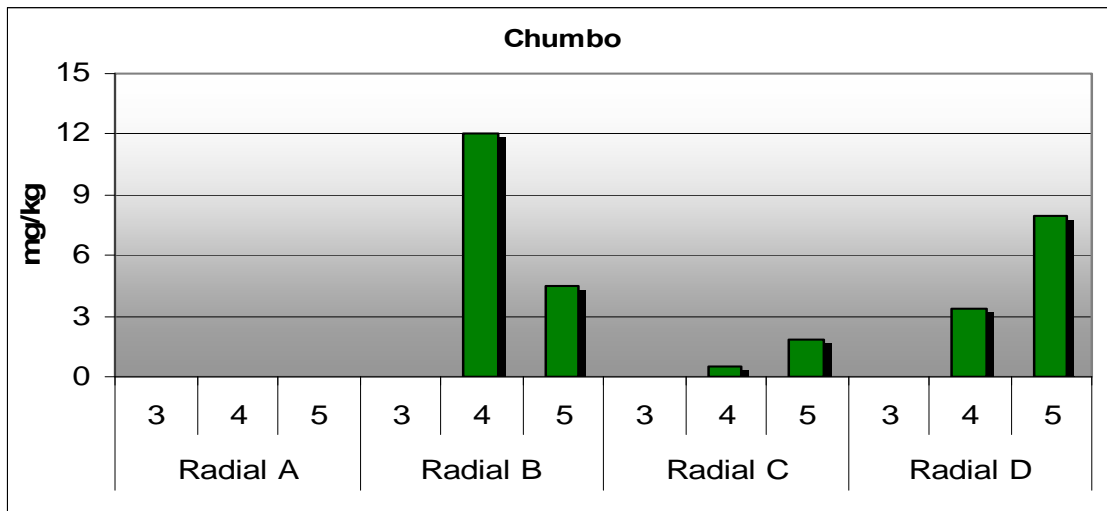


Figura 7: Resultados das concentrações de Pb nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).

#### 5.2.5 Cobre

Quanto aos valores de Cobre (Figura 8), as amostras dos pontos A4, A5, B5, C3 e D3 apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método, as demais amostras apresentaram valores detectáveis, porém abaixo do limite de TEL.

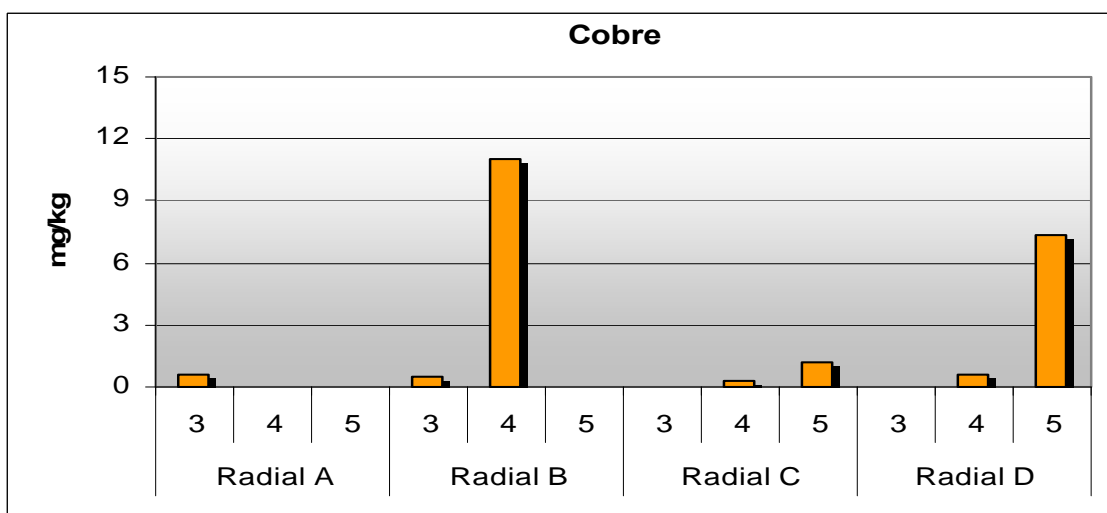


Figura 8: Resultados das concentrações de Cu nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).



### 5.2.6 Cromo

Quanto às concentrações de cromo nas amostras de sedimento, nenhuma ultrapassou os limites de TEL, e somente a amostra do Ponto B3 apresentou concentrações abaixo do limite de detecção do método. Os maiores valores foram encontrados nas amostras B4, na Praia do Além, e D5 em Ubu. Os valores de Cr encontrados em todas as amostras estão representados na Figura 9, a seguir.

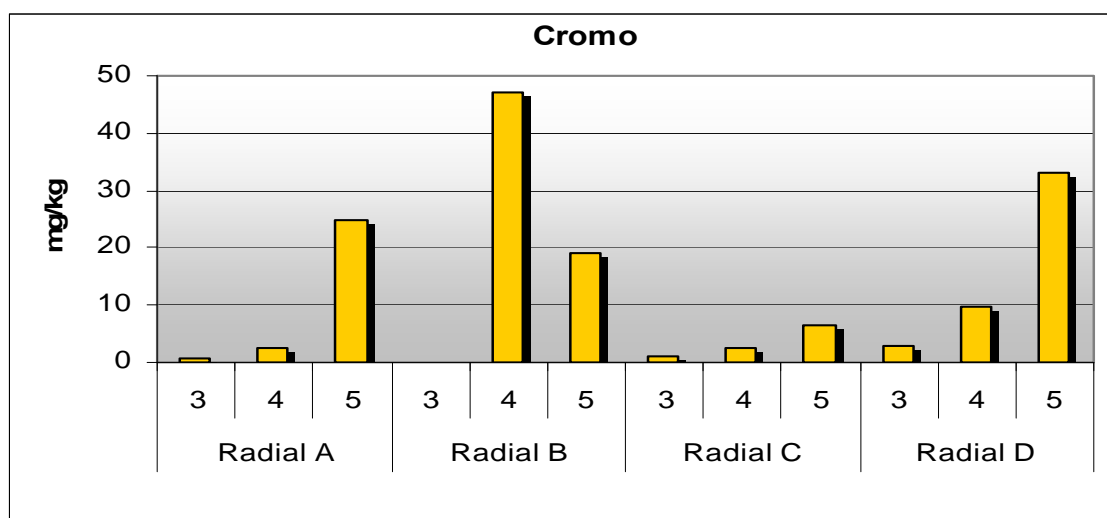


Figura 9: Resultados das concentrações de Cr nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).

### 5.2.7 Ferro

Os resultados das análises de Ferro estão apresentados na Figura 10. Ao se analisar os valores de Ferro verificou-se que as amostras dos pontos que apresentaram os maiores níveis foram B4, D5, A5 e B5. Os valores de Ferro analisados em todas as amostras estão representados na Figura 10, a seguir.

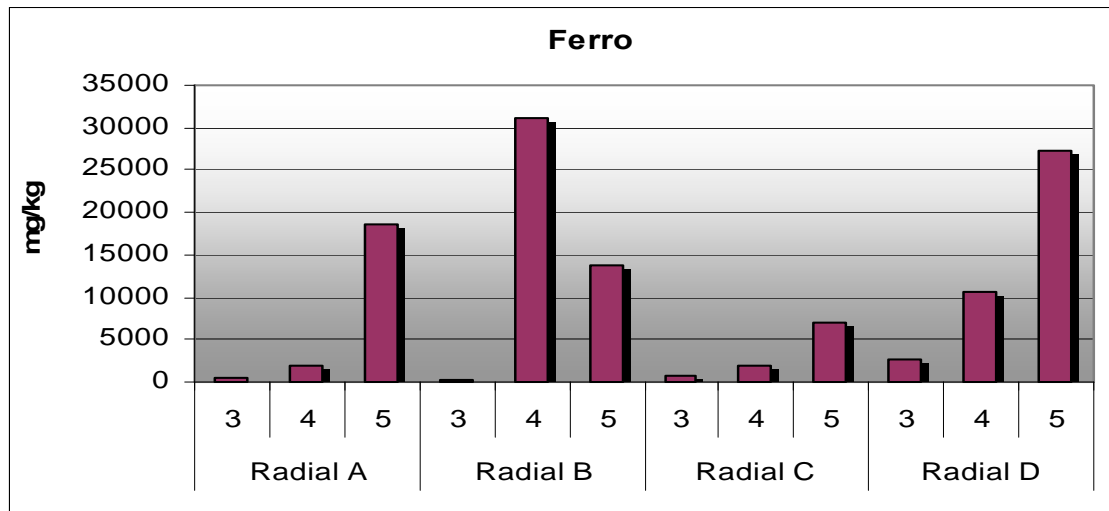


Figura 10: Resultados das concentrações de Fe nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).

### 5.2.8 Manganês

Ao se avaliar os dados de Manganês, observa-se que os maiores valores desse metal foram encontrados nos pontos B5, B4 e D5. Os valores de manganês encontrados em todas as amostras de sedimento estão representados na Figura 11, à seguir.

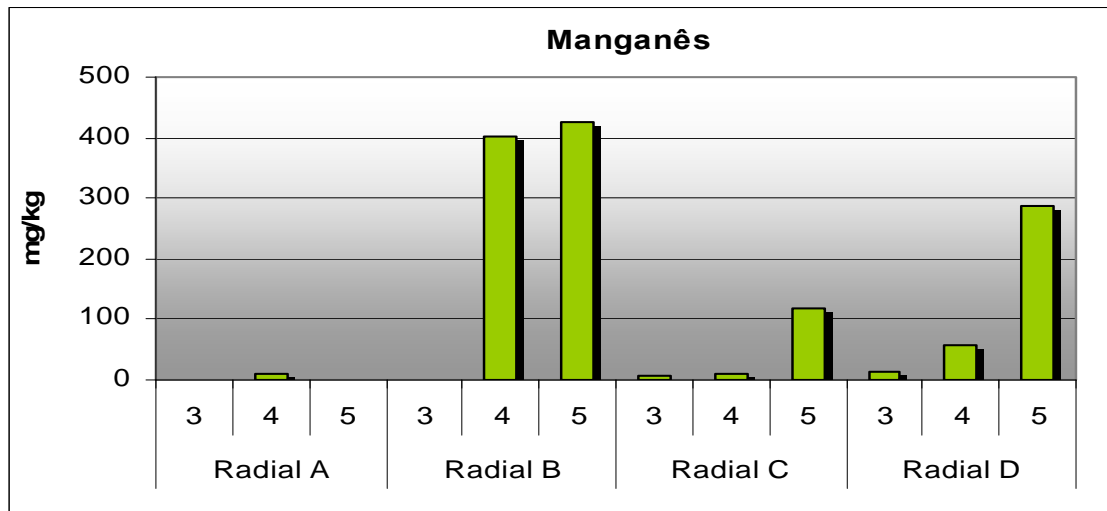


Figura 11: Resultados das concentrações de Mn nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).

#### 5.2.9 Mercúrio

Quanto aos valores de Mercúrio (Figura 12), a maioria das amostras apresentou valores abaixo dos limites de TEL. Porém, as amostras dos pontos B4 e D5, apresentaram valores acima deste limite. Vale ressaltar que a amostra de sedimento do Ponto A5 também apresentou um valor elevado, próximo ao valor limite proposto por TEL. Os resultados levantados na segunda campanha para a avaliação da qualidade de sedimento da Praia do Além, irão confirmar a presença de Hg no sedimento da área em estudo.

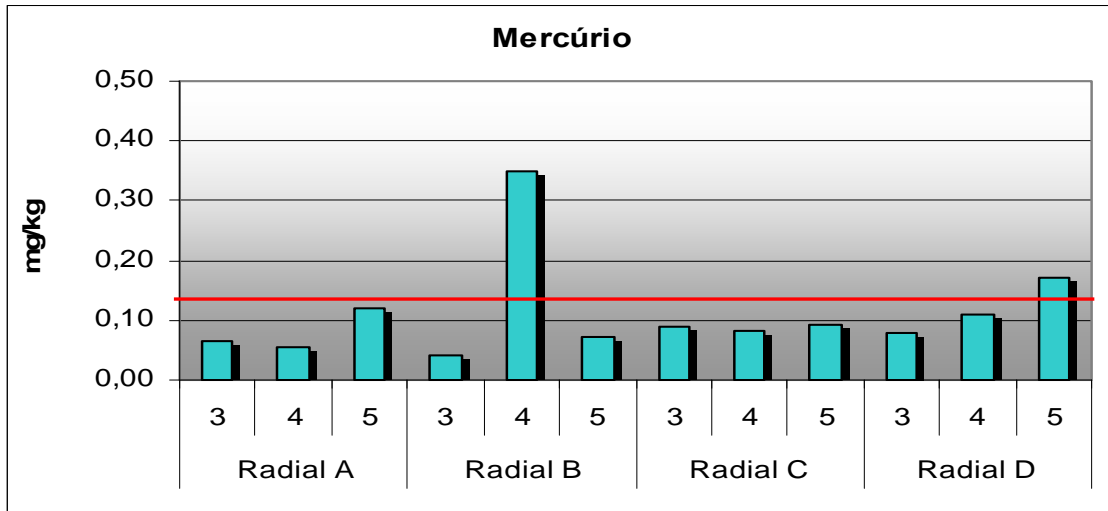


Figura 12: Resultados das concentrações de Hg nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu). — = TEL.

#### 5.2.10 Níquel

De acordo com os valores de Ni analisados nas diversas amostras de sedimento pode-se verificar que nenhuma das amostras apresentou valores elevados, embora não haja valores de TEL definidos para este elemento (Figura 13).

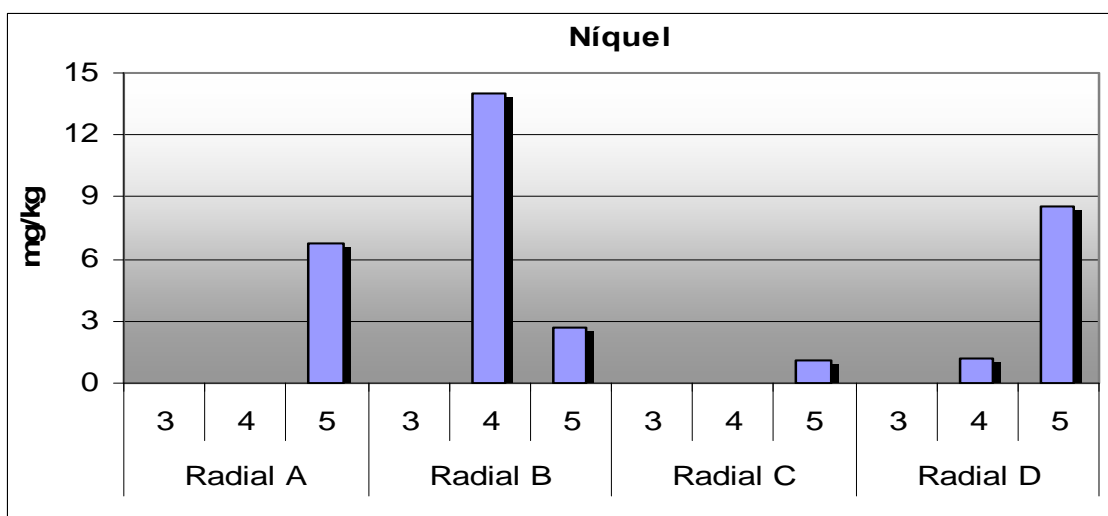


Figura 13: Resultados das concentrações de Ni nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).



### 5.2.11 Zinco

De modo geral os teores de Zinco analisados nas amostras de sedimento foram muito baixos (Figura 14). O valor mais elevado de Zn foi encontrado na amostra do Ponto B4.

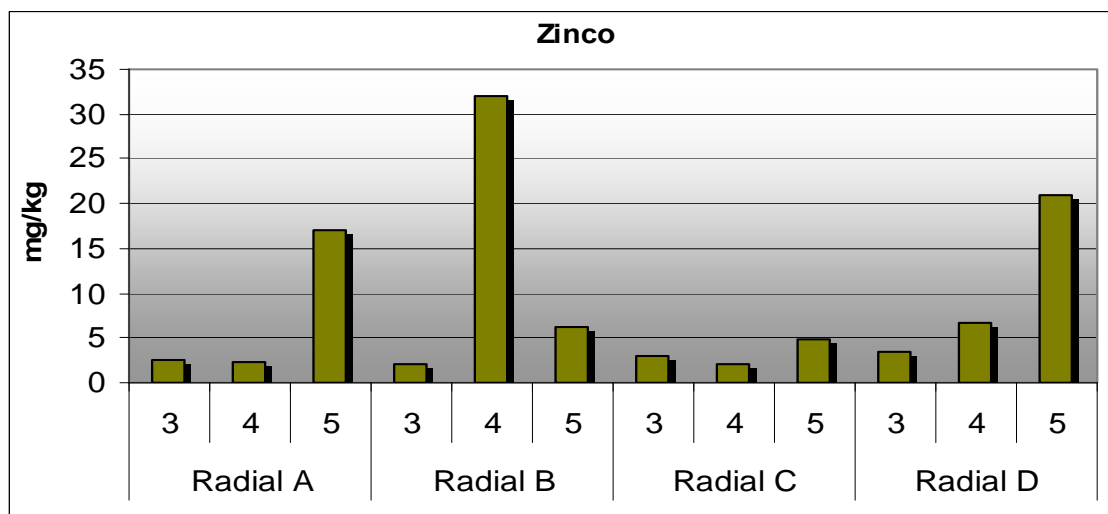


Figura 14: Resultados das concentrações de Zn nas amostras de sedimento coletadas nas radiais da Praia do Além e na radial referência (Ubu).

Na Figura 15, a seguir, estão representados os teores dos metais analisados que situaram-se acima dos valores de TEL nas amostras de sedimento provenientes das Praias do Além e de Ubu. Os teores de As foram desconsiderados por provavelmente se tratarem de teores naturais da região.

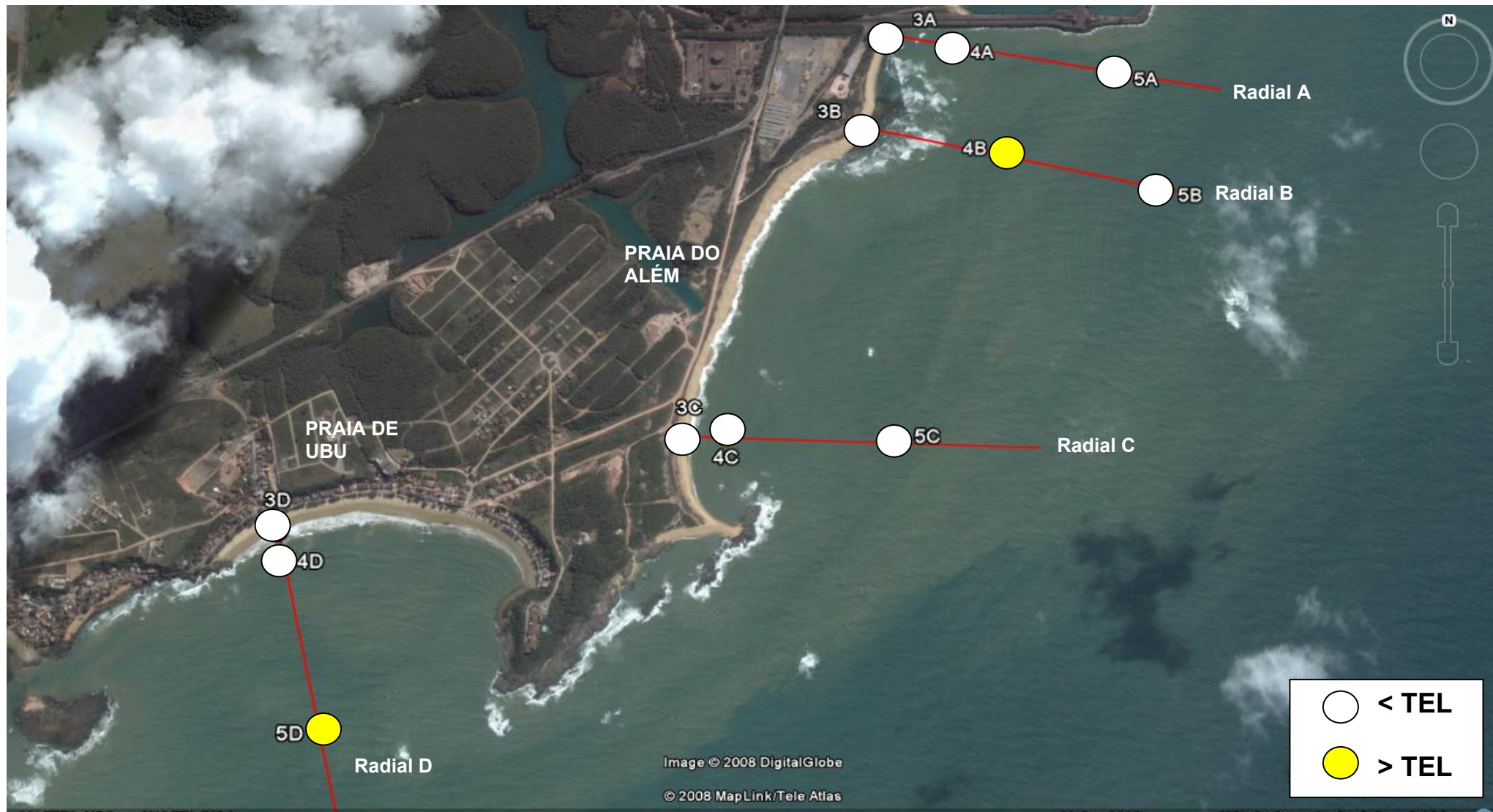


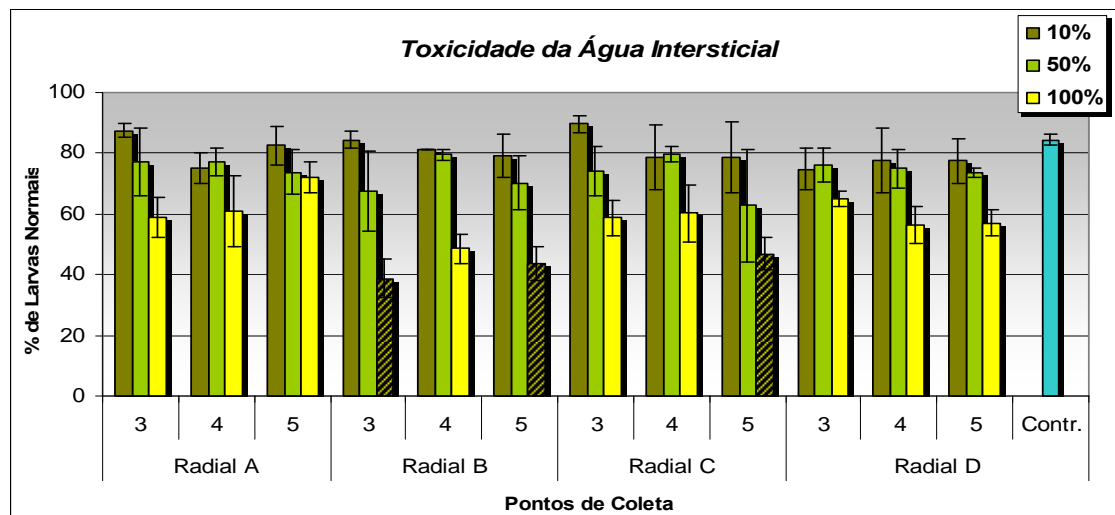
Figura 15: Classificação dos Pontos da Praia do Além de acordo com o nível de TEL para metais pesados.

## 6. TESTES DE TOXICIDADE

### 6.1 FRAÇÃO LÍQUIDA DO SEDIMENTO

#### 6.1.1 Água Intersticial

De acordo com os resultados dos testes de toxicidade com a água intersticial pode-se verificar que somente as amostras dos pontos B3, B5 e C4, na concentração de 100% apresentaram diferença significativa em relação a amostras dos pontos referência – Ubu (Figura 16). Tais diferenças podem ser atribuídas à salinidade das amostras que são maiores que 35psu (Tabela 8). O número de larvas normais bem como suas médias e desvios padrão estão na Tabela 9.



**Figura 16: Resultados dos testes de toxicidade realizados com amostra de água intersticial.**

Diferença significativa em relação às amostras referência





**Tabela 8: Parâmetros físico-químicos medidos no início e no fim dos testes com as amostras de água intersticial (100%).**

	Inicial				Final		
	ODmg/L	pH	Sal psu	NH4mg/L	pH	NH4mg/L	NH3mg/L
<b>A3</b>	9,1	7,93	35	0	7,85	0,012	0,36
<b>A4</b>	8,9	7,95	38	0,12	8,2	0	0
<b>A5</b>	8,7	7,56	39	0	8,27	1,02	0,079
<b>B3</b>	9,4	7,87	37	0	7,87	0,57	0,021
<b>B4</b>	9,0	7,83	37	0,075	8,26	2,79	0,202
<b>B5</b>	7,8	7,94	37	0	8,27	0	0
<b>C3</b>	9,6	7,94	35	0	7,81	0,651	0,02
<b>C4</b>	8,8	7,91	40	0	8,15	0,258	0,017
<b>C5</b>	8,3	7,93	40	0	8,27	0	0
<b>D3</b>	10	7,73	38	0,002	7,89	0	0
<b>D4</b>	7,8	7,71	38	0	8,19	0,77	0,06
<b>D5</b>	8,8	7,68	37	0	8,13	0	0



Tabela 9: Resultados do testes de toxicidade com embriões de *Echinometra lucunter* e água intersticial, nas concentrações de 100, 50 e 10%.

Radial A				Radial B				Radial C				Radial D - Referência			
Ponto A3	10%	50%	100%	Ponto B3	10%	50%	100%	Ponto C3	10%	50%	100%	Ponto D3	10%	50%	100%
R1	86	76	62	R1	88	65	37	R1	90	71	51	R1	68	80	69
R2	91	68	56	R2	81	85	36	R2	86	76	62	R2	84	68	63
R3	87	71	51	R3	85	68	48	R3	93	84	58	R3	75	79	64
R4	86	93	66	R4	84	53	34	R4	90	65	64	R4	72	77	64
Média	87,5	77	58,75	Média	84,5	67,75	38,75	Média	89,75	74	58,75	Média	74,75	76	65
D. padrão	2,4	11,2	6,6	D. padrão	2,9	13,2	6,3	D. padrão	2,9	8,0	5,7	D. padrão	6,8	5,5	2,7
Ponto A4	10%	50%	100%	Ponto B4	10%	50%	100%	Ponto C4	10%	50%	100%	Ponto D4	10%	50%	100%
R1	75	79	73	R1	81	79	49	R1	89	79	65	R1	82	71	58
R2	68	74	45	R2		78	53	R2	84	80	51	R2	88	69	64
R3	79	73	62	R3		82	50	R3	78	77	54	R3	77	77	52
R4	79	83	63	R4		79	42	R4	64	83	71	R4	63	83	51
Média	75,25	77,25	60,75	Média	81	79,5	48,5	Média	78,75	79,75	60,25	Média	77,5	75	56,25
D. padrão	5,2	4,6	11,6	D. padrão	0,0	1,7	4,7	D. padrão	10,8	2,5	9,4	D. padrão	10,7	6,3	6,0
Ponto A5	10%	50%	100%	Ponto B5	10%	50%	100%	Ponto C5	10%	50%	100%	Ponto D5	10%	50%	100%
R1	84	63	79	R1	89	78	41	R1	64	71	53	R1	86	77	61
R2	75	80	73	R2	78	67	52	R2	87	72	44	R2	76	77	51
R3	81	76	68	R3	78	77	40	R3	75	73	49	R3	79	80	53
R4	90	76	68	R4	72	59	42	R4	89	35	41	R4	92	77	57
Média	82,5	73,75	72	Média	79,25	70,25	43,75	Média	78,75	62,75	46,75	Média	83,25	77,75	55,5
D. padrão	6,2	7,4	5,2	D. padrão	7,1	9,0	5,6	D. padrão	11,6	18,5	5,3	D. padrão	7,2	1,5	4,4

Amostras não consideradas na contagem dos resultados.



### 6.1.2 Elutriato

De maneira geral, nenhuma das amostras de sedimento causou toxicidade aos embriões de *E. lunconter* através da fração líquida elutriada (Figura 17). De acordo com os resultados obtidos no teste com elutriato, somente a amostra do Ponto A4 (100%) apresentou diferença significativa em relação à amostra do Ponto referência D4, Mas se aplicado o princípio de MDS em relação a amostra controle, tal diferença não deve ser considerada.

Os dados brutos obtidos e os parâmetros físico-químicos medidos no testes encontram-se nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

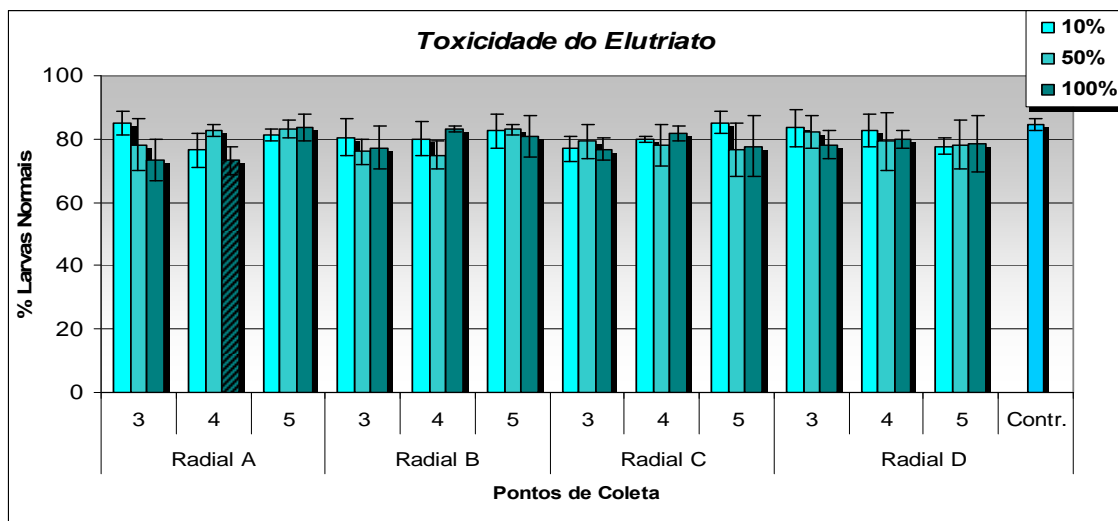


Figura 17: Resultados dos testes de toxicidade realizados com elutriato.  
▨ Diferença significativa em relação às amostras referência



**Tabela 10: Parâmetros físico-químicos medidos no início e no fim dos testes com as amostras de elutriato (100%).**

	Parâmetros físico-químicos ( 100%)						
	Inicial				Final		
	ODmg/L	pH	Sal. psu	NH4 mg/L	pH	NH4 mg/L	NH3 mg/L
<b>A3</b>	8,8	7,99	35	0	8,13	0	0
<b>A4</b>	9,1	7,92	35	0	8,29	0,242	0,021
<b>A5</b>	9	7,51	35	0	8,48	0	0
<b>B3</b>	7,96	8,6	35	0,013	8,07	0	0
<b>B4</b>	9,1	7,78	36	0	8,27	0,42	0,035
<b>B5</b>	8,6	7,86	35	0	8,44	0	0
<b>C3</b>	7,94	8,9	35	0	8,08	0	0
<b>C4</b>	8,3	7,92	35	0	8,21	0,216	0,016
<b>C5</b>	9,3	7,74	35	0	8,44	0	0
<b>D3</b>	8,5	7,99	35	0	8,09	0	0
<b>D4</b>	8,6	7,89	35	0	8,29	0	0
<b>D5</b>	8,9	7,68	35	0	8,21	0	0



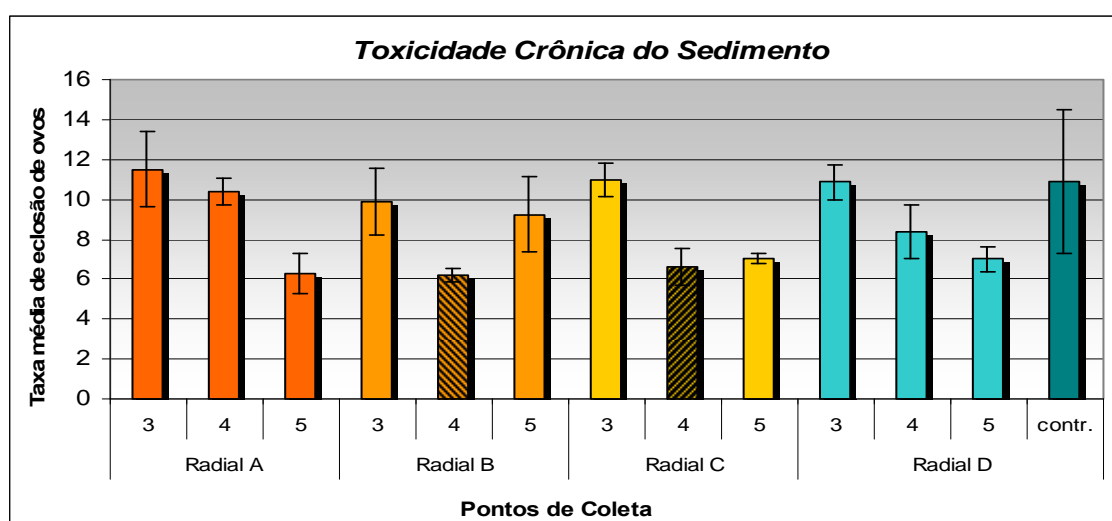
Tabela 11: Porcentagem de larvas de ouriço normais obtida em cada réplica, média e desvio padrão de cada amostra de elutriato.

Radial A				Radial B				Radial C				Radial D- Referência			
<b>Ponto A3</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto B3</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto C3</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto D3</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>
R1	88	86	72	R1	85	75	70	R1	79	76	74	R1	83	83	79
R2	83	67	78	R2	81	71	74	R2	81	87	78	R2	76	82	73
R3	81	78	79	R3	84	79	79	R3	72	78	74	R3	90	76	84
R4	88	82	65	R4	72	79	86	R4	76	76	81	R4	85	88	77
<b>Média</b>	85	78,25	73,5	<b>Média</b>	80,5	76	77,25	<b>Média</b>	77	79,25	76,75	<b>Média</b>	83,5	82,25	78,25
<b>D. padrão</b>	3,6	8,2	6,5	<b>D. padrão</b>	5,9	3,8	6,9	<b>D. padrão</b>	3,9	5,3	3,4	<b>D. padrão</b>	5,8	4,9	4,6
<b>Ponto A4</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto B4</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto C4</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto D4</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>
R1	84	80	69	R1	86	71	84	R1	79	75	81	R1	86	87	80
R2	76	83	79	R2	80	79	84	R2	81	83	79	R2	87	78	77
R3	72	85	71	R3	73	71	83	R3	79	84	82	R3	76	67	79
R4	74	83	74	R4	81	79	82	R4	80	70	85	R4	82	85	84
<b>Média</b>	76,5	82,75	73,25	<b>Média</b>	80	75	83,25	<b>Média</b>	79,75	78	81,75	<b>Média</b>	82,75	79,25	80
<b>D. padrão</b>	5,3	2,1	4,3	<b>D. padrão</b>	5,4	4,6	1,0	<b>D. padrão</b>	1,0	6,7	2,5	<b>D. padrão</b>	5,0	9,0	2,9
<b>Ponto A5</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto B5</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto C5</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>	<b>Ponto D5</b>	<b>10%</b>	<b>50%</b>	<b>100%</b>
R1	84	80	83	R1	87	82	88	R1	88	88	77	R1	74	74	76
R2	81	82	84	R2	83		72	R2	88	75	82	R2	80	89	67
R3	80	86	89	R3	85	85	81	R3	84	76	65	R3	78	72	84
R4	80	85	79	R4	75	82	82	R4	81	68	87	R4	79	78	87
<b>Média</b>	81,25	83,25	83,75	<b>Média</b>	82,5	83	80,75	<b>Média</b>	85,25	76,75	77,75	<b>Média</b>	77,75	78,25	78,5
<b>D. padrão</b>	1,9	2,8	4,1	<b>D. padrão</b>	5,3	1,7	6,6	<b>D. padrão</b>	3,4	8,3	9,4	<b>D. padrão</b>	2,6	7,6	9,0

### 6.1.3 Fração Sólida do Sedimento

Segundo os resultados obtidos nos testes de toxicidade crônica com sedimento integral (Figura 18), as amostras que apresentaram diferença significativa em relação às amostras referência foram as dos pontos B4 e C4. As análises químicas e granulométricas nestes pontos revelaram que o ponto B4 é uma das amostras mais lamosas dentre as testadas, e apresentou maiores teores da maioria dos metais analisados como: Ferro, Cromo, Zinco, Arsênio, Manganês e Mercúrio, sendo o último, acima do limite determinado em TEL. O ponto C4 não apresentou quantidades elevadas de metais pesados, porém foi um dos pontos com menor quantidade de matéria orgânica. A seguir, na Figura 18 estão representados os resultados do teste de toxicidade crônica com todos os pontos amostrados e na Tabela 12, os resultados brutos obtidos em cada réplica, média e desvios padrão.

Os parâmetros físico-químicos medidos no início e final dos testes estão na Tabela 13. A Figura 19 representa a classificação dos pontos que apresentaram toxicidade nos testes com elutriato, água intersticial e sedimento total.



**Figura 18: Resultados dos testes de toxicidade realizados com amostra de água intersticial.**

Diferença significativa em relação às amostras referência.



Tabela 12: Parâmetros físico-químicos medidos no início e fim do teste com as amostras de sedimento.

	Parâmetros físico-químicos ( 100%)					
	Inicial		Final			
	Sal.psu	ODmg/L	Sal. Psu	ODmg/L	pH	NH4 mg/L
<b>Controle</b>	20	7,9	24	8,7	8,12	0,002
<b>A3</b>	20	8,3	22	8,7	7,98	0,0072
<b>A4</b>	21	8,1	24	8,5	7,99	0,765
<b>A5</b>	21	6,2	26	7,6	8,1	0,17
<b>B3</b>	21	8,2	22	8,5	7,96	0,522
<b>B4</b>	22	7,8	26	7,8	8,08	0,829
<b>B5</b>	23	7,6	22	8,9	8,13	2,36
<b>C3</b>	21	8,4	24	8,6	7,95	0,0057
<b>C4</b>	22	8,2	23	8,3	7,89	0,704
<b>C5</b>	22	7,3	26	10	8,29	0,615
<b>D3</b>	21	8,3	23	8,5	7,96	0,324
<b>D4</b>	22	7,4	25	8,4	7,97	1,1
<b>D5</b>	22	6,6	25	9,1	8,29	0,415



Tabela 13: Porcentagem de larvas normais de obtida em cada réplica e média e seus respectivos desvios padrão para cada amostra de elutriato.

Radial A					Radial B					Radial C					Radial D				
<b>Ponto A3</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto B3</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto C3</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto D3</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>
R1	10	20	92	11,2	R1	10	4	98	10,2	R1	10	0	106	10,6	R1	10	23	80	10,3
R2	10	31	111	14,2	R2	10	4	72	7,6	R2	10	0	120	12	R2	10	42	68	11
R3	10	47	59	10,6	R3	10	0	116	11,6	R3	10	3	97	10	R3	10	34	86	12
R4	10	67	33	10	R4	10	0	101	10,1	R4	10	1	112	11,3	R4	10	20	81	10,1
<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>41,25</b>	<b>73,75</b>	<b>11,50</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>2,00</b>	<b>96,75</b>	<b>9,88</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>1,00</b>	<b>108,75</b>	<b>10,98</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>29,75</b>	<b>78,75</b>	<b>10,85</b>
<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>20,43</b>	<b>34,64</b>	<b>1,87</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>2,31</b>	<b>18,28</b>	<b>1,66</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>1,41</b>	<b>9,71</b>	<b>0,87</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>10,14</b>	<b>7,63</b>	<b>0,86</b>
<b>Ponto A4</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto B4</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto C4</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto D4</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>
R1	10	3	98	10,1	R1	10	2	58	6	R1	10	20	59	7,9	R1	10	33	49	8,2
R2	10	5	101	10,6	R2	10	3	57	6	R2	10	8	56	6,4	R2	10	56	21	7,7
R3	10	46	66	11,2	R3	10	1	66	6,7	R3	10	8	50	5,8	R3	10	57	46	10,3
R4	10	28	69	9,7	R4	10	1	60	6,1	R4	10	22	42	6,4	R4	10	35	38	7,3
<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>20,50</b>	<b>83,50</b>	<b>10,40</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>1,75</b>	<b>60,25</b>	<b>6,20</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>14,50</b>	<b>51,75</b>	<b>6,63</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>45,25</b>	<b>38,50</b>	<b>8,38</b>
<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>20,44</b>	<b>18,56</b>	<b>0,65</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>0,96</b>	<b>4,03</b>	<b>0,34</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>7,55</b>	<b>7,50</b>	<b>0,90</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>13,02</b>	<b>12,56</b>	<b>1,34</b>
<b>Ponto A5</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto B5</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto C5</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>	<b>Ponto D5</b>	<b>Adultos</b>	<b>Copepod.</b>	<b>Náuplios</b>	<b>Tx eclosão</b>
R1	10	1	67	6,8	R1	10	88	31	11,9	R1	10	3	70	7,3	R1	10	1	74	7,5
R2	10	0	59	5,9	R2	10	65	25	9	R2	10	2	65	6,7	R2	10	4	67	7,1
R3	10	1	50	5,1	R3	10	63	11	7,4	R3	10	5	65	7,0	R3	10	2	59	6,1
R4	10	0	73	7,3	R4	10	67	20	8,7	R4	10	2	69	7,1	R4	10	0	73	7,3
<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>0,50</b>	<b>62,25</b>	<b>6,28</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>70,75</b>	<b>21,75</b>	<b>9,25</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>3,00</b>	<b>67,25</b>	<b>7,03</b>	<b>Média</b>	<b>10,00</b>	<b>1,75</b>	<b>68,25</b>	<b>7,00</b>
<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>0,58</b>	<b>9,98</b>	<b>0,97</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>11,62</b>	<b>8,46</b>	<b>1,90</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>1,41</b>	<b>2,63</b>	<b>0,25</b>	<b>D.padrão</b>	<b>0,00</b>	<b>1,71</b>	<b>6,90</b>	<b>0,62</b>





APLYSIA

TECNOLOGIA PARA O MEIO AMBIENTE



Figura 19: Classificação dos pontos que apresentaram toxicidade no elutriato, água intersticial e sedimento total nas Praias do Além e Ubu.



## 6.2 *ESTRUTURA DA MACROFAUNA BENTÔNICA*

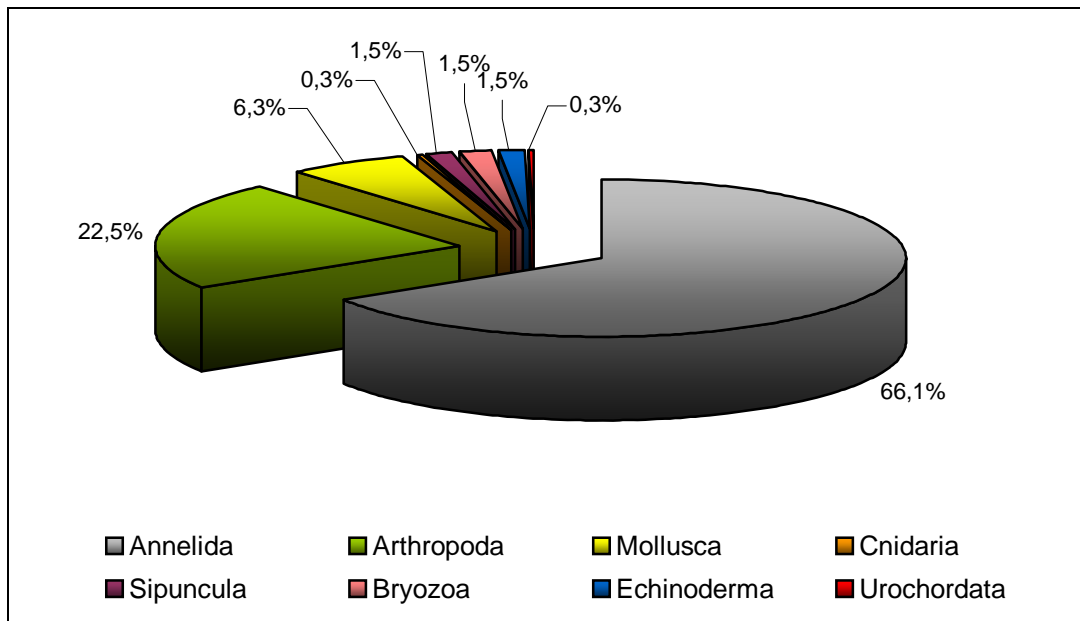
### 6.2.1 *Análise quali-quantitativa da comunidade bentônica*

Na amostragem da comunidade bentônica de substrato não consolidado, realizada nos dias 19, 20 e 21 de maio de 2008, foram registrados um total de 333 indivíduos, distribuídos em 55 táxons, sendo 6, espécies coloniais.

A fauna bentônica foi classificada em oito grupos taxonômicos, com representantes dos filos Cnidaria, Annelida, Mollusca, Arthropoda, Sipuncula, Bryozoa, Echinoderma e Urochordata.

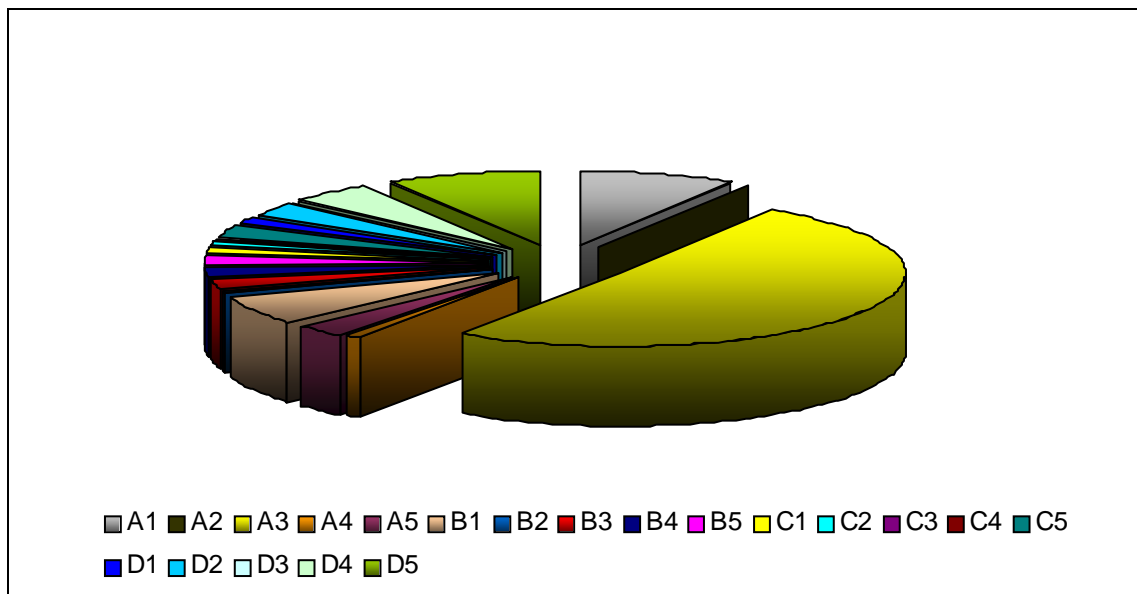
### 6.2.2 *Abundância relativa*

No total de organismos amostrados, os poliquetas contribuíram com o maior porcentual de abundância relativa (66,1%), seguido dos crustáceos (22,5%) e dos moluscos (6,3%). Os demais grupos juntos contribuíram com 5,1% do total amostrado (Figura 20).



**Figura 20. Contribuição percentual do número de indivíduos dos grupos taxonômicos para a composição do zoobentos (Praia do Além e de Ubu– maio de 2008).**

A Figura 21 apresenta a abundância relativa por ponto de amostragem. Do total amostrado, 50% dos indivíduos foram registrados no ponto A3 que apresentou o maior número de indivíduos, no entanto todos pertencentes ao grupo Poliqueta, seguido dos pontos A1 e D5, ambos com 9%. Os demais pontos contribuíram com 32% do total.



**Figura 21. Abundância relativa do número de indivíduos registrado para a composição do zoobentos nos pontos de amostragem (Praia do Além e de Ubu– maio de 2008).**

### 6.2.3 Riqueza

Em geral, os poliquetas contribuíram com o maior número de espécies (17), seguido dos moluscos (15) e dos crustáceos (10). Cinco espécies pertencem ao Filo Bryozoa e três ao Filo Cnidária. Os Filos Sipuncula e Echinoderma apresentaram duas espécies cada e Urochordata contribuiu com uma (Figura 22).

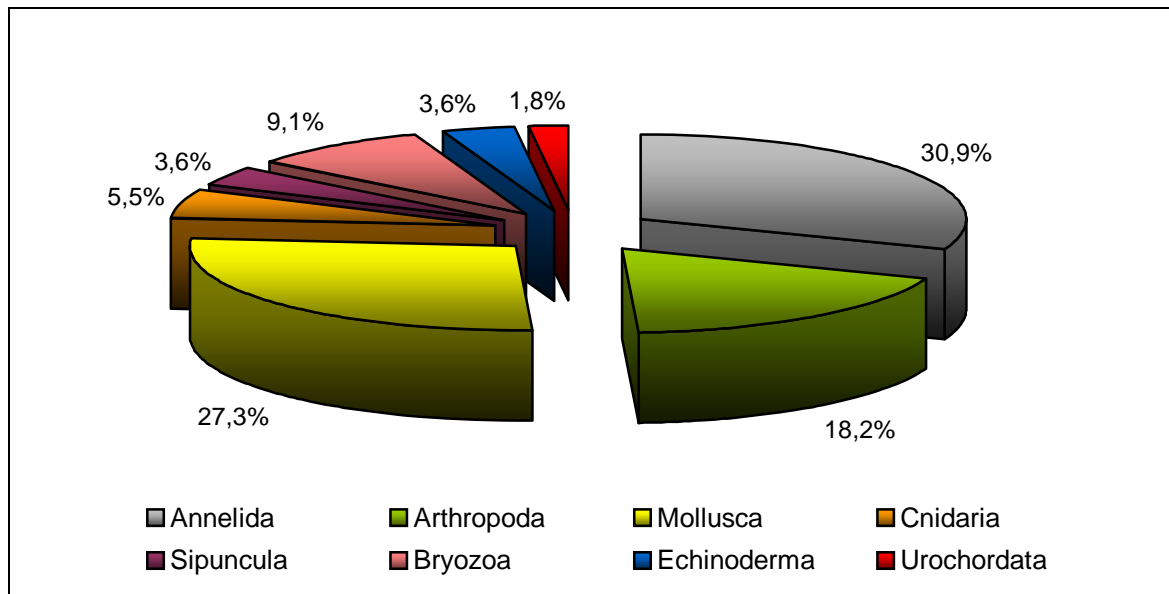
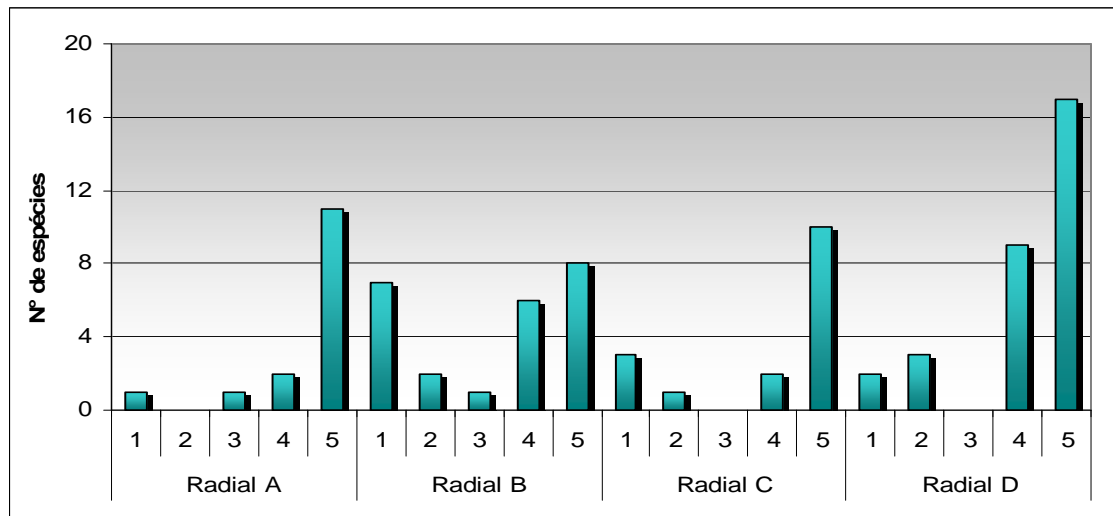


Figura 22. Contribuição percentual do número de espécies dos grupos taxonômicos para a composição do zoobentos de substrato não consolidado (Praia do Além e de Ubu - maio de 2008).

Considerando o número de espécies, o ponto D5 apresentou o maior valor seguido dos pontos A5, C5, D4 e B5 (Figura 23). Entre as radiais, os pontos submersos denominados 5 apresentaram o maior número de espécies, tal fato deve-se a maior estabilidade da coluna de água e do sedimento devido a isenção de atrito e remobilização do sedimento causado pelas ondas.



**Figura 23. Número de espécies registrado em cada ponto de amostragem referente à comunidade bentônica de substrato não consolidado (Praia do Além e Ubu - maio de 2008).**

Com relação ao índice de riqueza de Margalef (d) calculado, somente para as espécies isoladas, os maiores valores foram obtidos para os pontos 5 das 4 Radiais como representados na Figura 24, devido a maior estabilidade ambiental daqueles pontos. Em seguida, os pontos D4 e C4 apresentaram os valores mais altos. Já os pontos A1, A2, A3, B3, C2, C3 e D3 apresentaram o índice equivalente a zero devido à ausência de espécies ou pela presença de somente uma espécie.

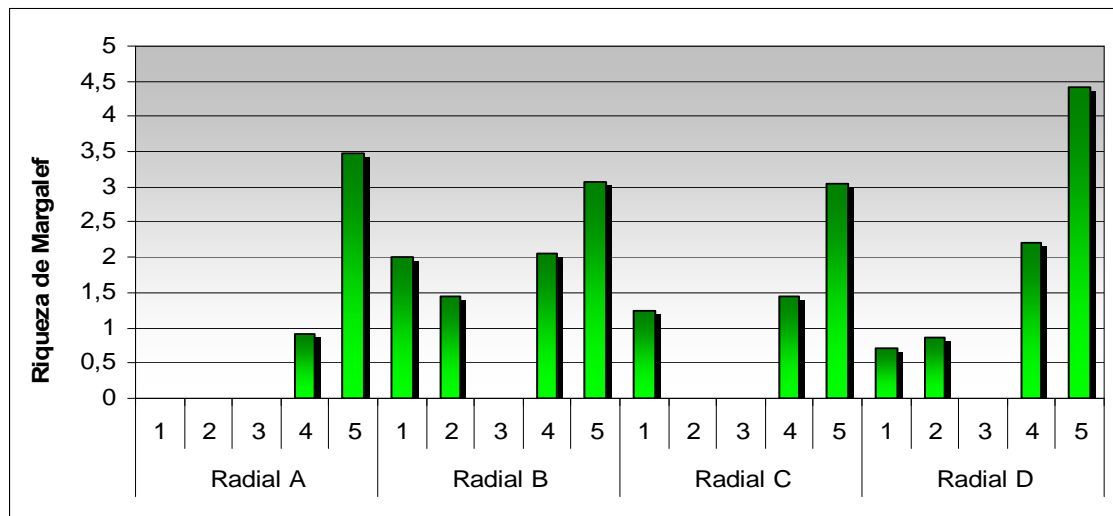


Figura 24. Índice de Riqueza de Margalef (d) registrado em cada ponto de amostragem da comunidade bentônica de substrato não consolidado (Praia do Além e de Ubu - maio de 2008).

#### 6.2.4 Dominância

Em relação ao índice de dominância de Simpson, os pontos A1, A3, B3 e C2 apresentaram valor máximo (1), visto que nestes pontos foi observada a ocorrência de somente uma espécie (Figura 25). Os pontos 5 das 4 radiais apresentaram valores inferiores a 0,2. Vale salientar que os pontos A2, C3, D3 apresentaram índice zero de dominância devido a ausência de indivíduos.

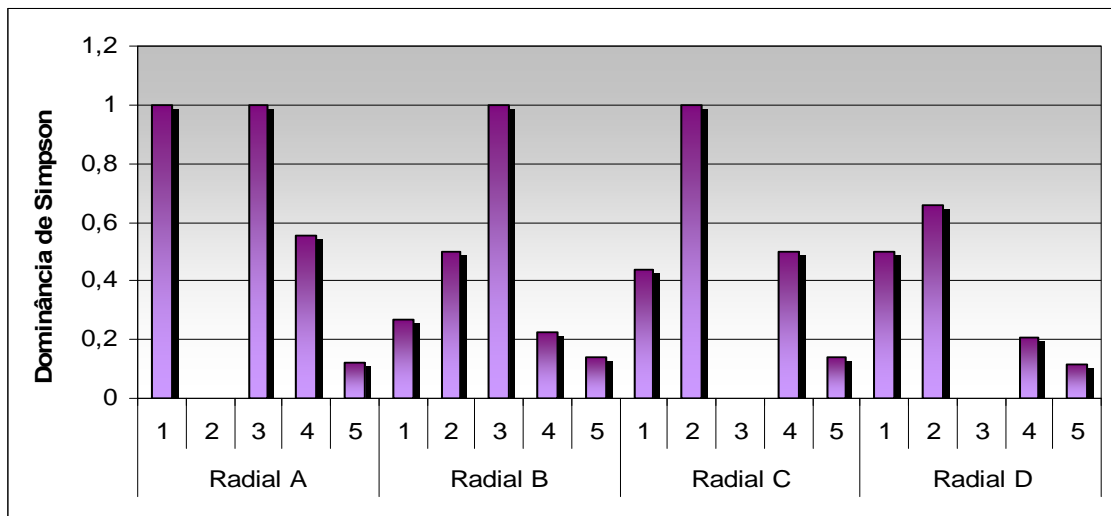


Figura 25. Índice de Dominância de Simpson registrado em cada ponto de amostragem da comunidade bentônica de substrato não consolidado (Praia do Além e de Ubu - maio de 2008).

#### 6.2.5 Diversidade e Equitabilidade

De acordo com o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), os maiores valores foram registrados nos pontos 5 das 4 radiais D, A, C e B (Figura 26). Já os pontos A1, A2, A3, B3, C2, C3 e D3, apresentaram valor zero para este índice devido a presença de só uma espécie ou da não ocorrência de organismos.

Quanto à equitabilidade ( $J'$ ), os pontos B2, B5, C4 e D1 apresentaram o valor máximo (1).

Os pontos A1, A2, A3, B3, C2, C3 e D3 apresentaram valor zero para equitabilidade, pois não houve registro de indivíduos ou houve a ocorrência de somente uma espécie nestes pontos (Figura 28). O que é esperado para a região entre marés, que apresenta uma elevada dinâmica.



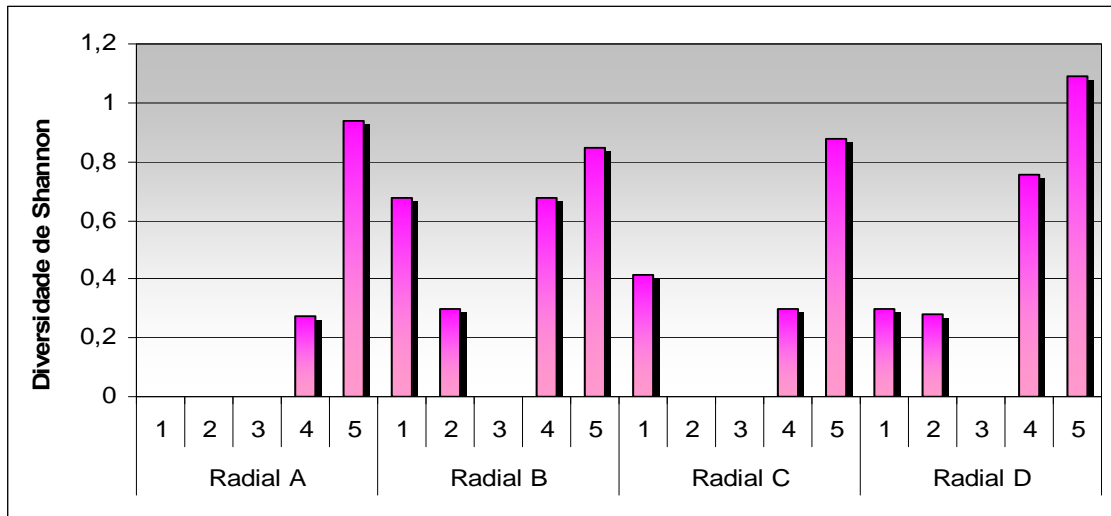


Figura 26. Índice de Diversidade de Shannon registrado em cada ponto de amostragem da comunidade bentônica de substrato não consolidado (Praia do Além e Ubu - maio de 2008).

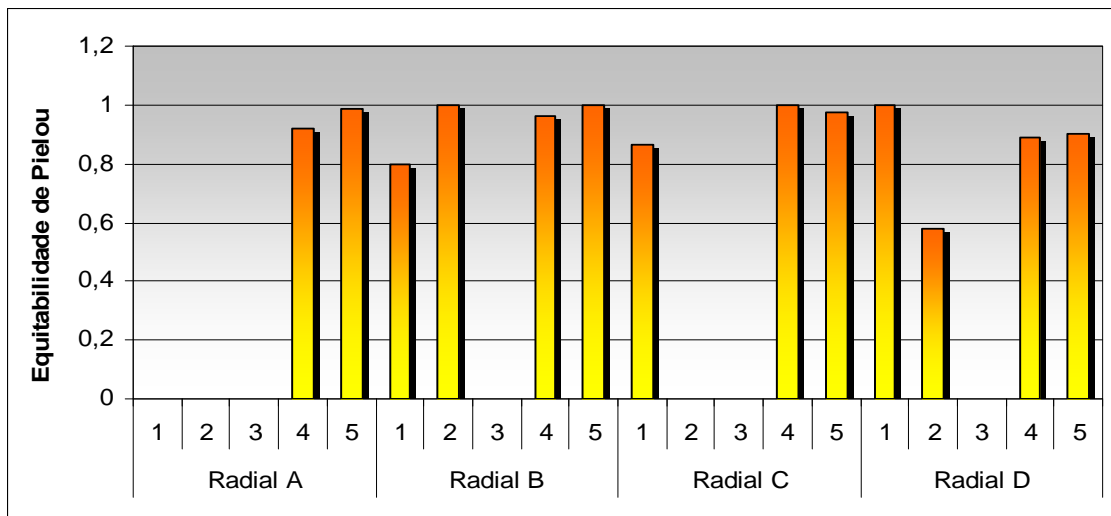


Figura 27. Índice Equitabilidade de Pielou registrado em cada ponto de amostragem da comunidade bentônica de substrato não consolidado (Praia do Além e de Ubu- maio de 2008).



### 6.2.6 Similaridade

A Figura 28 apresenta o dendrograma quantitativo, utilizando o índice de Bray Curtis e a Figura 29 apresenta o dendrograma qualitativo, utilizando o índice Binário de Sorensen e considerando também as espécies coloniais.

Os dois dendrogramas evidenciaram a ausência de grupos principais, revelando que a composição da comunidade é diferente entre as radiais e entre os pontos. Os pontos A2, C3 e D3 foram diferentes entre si e dos demais pontos, apresentando o nível de similaridade equivalente a 0%, devido à ausência de espécies.

No dendrograma quantitativo, considerando o nível de similaridade de 40%, formou-se um grupo com os pontos B1 e B3, que apresentam o mesmo número de indivíduos do táxon *Scolecipis* sp. II e o outro grupo, formado com os pontos C1, C2 e D1, deve-se a presença da espécie *Excirrolana brasiliensis* em comum (Figura 9). O ponto B5 apresentou 0% de similaridade devido à presença de espécies exclusivas a esse ponto.

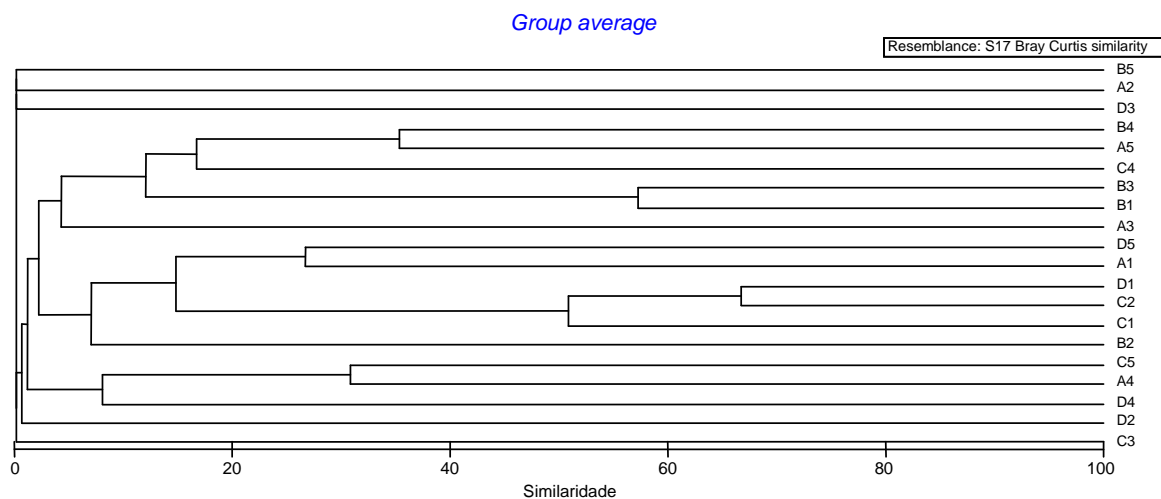


Figura 28. Análise de agrupamento da comunidade bentônica nos pontos de amostragem (coeficiente de Bray-Curtis) (quantitativo) (Praia do Além - maio de 2008).

De acordo com o dendrograma qualitativo, considerando o nível de similaridade de 40%, foram agrupados os pontos A1, C1, C2, e D1 devido à presença da espécie em comum *Excirolana brasiliensis*. Os pontos A3 e B3 apresentaram 100% de similaridade, devido à ocorrência somente de um táxon (*Scolelepis* sp. II) (Figura 29).

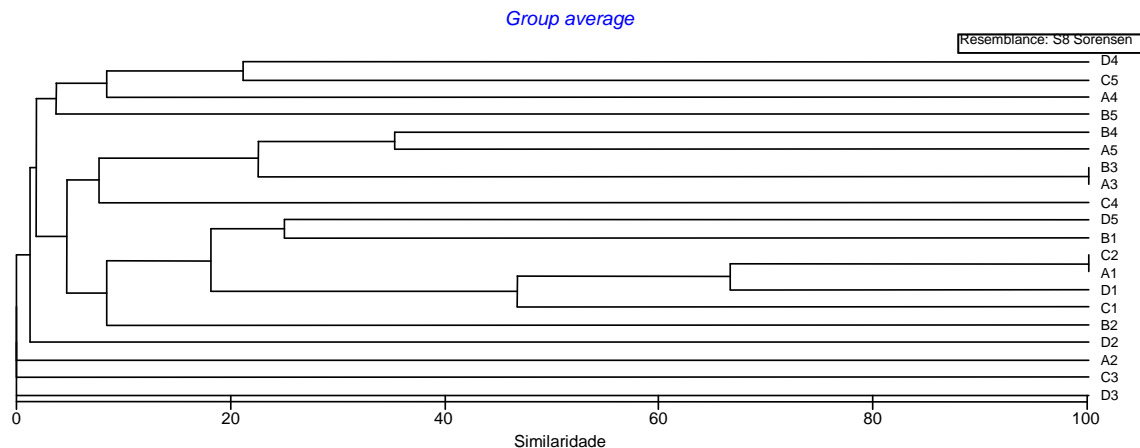


Figura 29. Análise de agrupamento da comunidade bentônica nos pontos de amostragem (índice de Sorensen) (qualitativo). (Praia do Além - maio de 2008).

### 6.2.7 Considerações sobre a estrutura da comunidade bentônica

Em geral, o Filo Annelida apresentou o maior número de indivíduos e de espécies. O Filo Arthropoda contribuiu com o segundo maior valor em relação ao número de indivíduos e o Filo Mollusca quanto ao número maior de espécies.

Os pontos de amostragem A2, C3 e D3 não apresentaram indivíduos vivos (Tabela 14). O ponto A3 contribuiu com 50% do número total de indivíduos, com a presença de somente um táxon pertencente ao Filo Annelida (*Scolelepis* sp. II, Família Spionidae).

Segundo Mayer-Pinto e Junqueira (2003), poliquetas da Família Spionidae são bons indicadores de poluição orgânica, com maiores valores de cobertura em locais poluídos. Os poliquetas são capazes de se adaptar aos estresses



ambientais, sendo, por isso, utilizados em programas de biomonitoramento (Varoli et al., 2007).

O gênero *Scolecopsis* é característico da zona média de praias arenosas (Raffaelli e Hawkins, 1999) e de praias expostas às ações das ondas (Varoli et al., 2007). Segundo Santos (1994), no Sul do Brasil, a espécie *Scolecopsis gaucha* apresenta altas fecundidades e flutuações temporal da abundância com padrão de recrutamento bi-anual, com a primeira coorte no outono e uma segunda na primavera.

As flutuações da macrofauna bentônica de praias arenosas são influenciadas por variações das condições físicas e pela dinâmica populacional das espécies numericamente dominantes (Silva, 2006), sendo necessário monitoramentos e estudos experimentais para explicar o “bloom” desse táxon encontrado nessa campanha.

Os pontos 5 (infralitoral) das radiais A, B, C e D apresentaram os maiores valores de riqueza de Margalef, diversidade e equitabilidade e valores baixos de dominância, indicando que as comunidades se encontram uniformemente distribuídas nesses pontos.

De acordo com o dendrograma, a composição da comunidade bentônica da Praia do Além foi diferente entre as radiais (A, B, C e D) e entre os pontos (1, 2, 3, 4 e 5).

**Tabela 14: Índices ecológicos obtidos nos pontos de amostragem (Praia do Além e de Ubu – maio de 2008).**

ÍNDICES	Radial A					Radial B					Radial C					Radial D				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Nº de ssp	0	0	1	2	9	7	2	1	5	7	3	1	0	2	8	2	3	0	7	16
Nº de ssp coloniais	30	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1
Nº de indivíduos	0	0	168	3	10	20	2	8	7	7	5	2	0	2	10	4	10	0	15	30
Riqueza de Margalef	0	0	0	1	4	2	1,4	0	2,1	3,1	1,2	0	0	1,4	3	0,7	0,9	0	2,2	4,4
Diversidade de Shannon	0	0	0	0	1	0,7	0,3	0	0,7	0,8	0,4	0	0	0,3	0,9	0,3	0,3	0	0,8	1,1
Equitabilidade de Pielou	0	0	0	1	0	0,8	1	0	1	1	0,9	0	0	1	1	1	0,6	0	0,9	0,9
Dominância de Simpson	1	0	1	1	0	0,27	0	1	0,22	0,14	0,44	1	0	0,5	0,14	0,5	0,66	0	0,2	0,11
Abundância Relativa	9	0	50	1	3	6	0,6	2,4	2,1	2,1	1,5	1	0	0,6	3	1,2	3	0	4,5	9



### 6.3 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA TRÍADE

#### 6.3.1 RTR

Inicialmente foram calculados os valores RTR, com a média dos valores obtidos nos pontos referência, conforme indicado nas Tabelas 15, 16 e 17, a seguir:

Tabela 15: Valores RTR para os metais analisados no sedimento (IQR=índice químico RTR).

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	IQR
A3	0,42	0,00	0,22	0,00	0,16	0,83	0,13	0,00	0,00	0,71	<b>0,41</b>
A4	0,14	0,00	0,25	0,00	0,18	0,51	0,18	0,00	0,00	0,36	<b>0,18</b>
A5	0,94	0,00	0,76	0,00	0,69	0,71	0,00	0,80	0,00	0,81	<b>0,52</b>
B3	0,26	0,00	0,00	0,00	0,09	0,51	0,08	0,00	0,00	0,57	<b>0,25</b>
B4	2,80	0,00	4,85	18,33	2,90	3,18	7,05	11,67	3,53	4,85	<b>6,57</b>
B5	2,56	0,00	0,58	0,00	0,50	0,43	1,48	0,32	0,56	0,30	<b>0,75</b>
C3	0,65	0,00	0,44	0,00	0,31	1,11	0,43	0,00	0,00	0,89	<b>0,64</b>
C4	0,34	0,00	0,27	0,50	0,18	0,74	0,18	0,00	0,15	0,30	<b>0,29</b>
C5	0,94	0,00	0,20	0,16	0,26	0,54	0,41	0,13	0,23	0,23	<b>0,34</b>
D3	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	<b>1,00</b>
D4	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>
D5	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>

Tabela 16: Valores RTR para os testes de toxicidade crônica com embriões de ouriço (elutriato e água intersticial) e sedimento total com *Nitocra* sp (ITR=índice de toxicidade RTR).

	Afetados	tx ecló	ITR	
A3	0,91	1,22	0,82	<b>0,98</b>
A4	0,95	1,34	0,75	<b>1,01</b>
A5	0,78	0,76	1,32	<b>0,95</b>
B3	1,29	1,05	0,96	<b>1,10</b>
B4	1,00	0,84	1,19	<b>1,01</b>
B5	1,16	0,90	1,12	<b>1,06</b>
C3	0,92	1,07	0,94	<b>0,97</b>
C4	0,89	0,91	1,10	<b>0,97</b>
C5	1,21	1,03	0,97	<b>1,07</b>
D3	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>
D4	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>
D5	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>



Tabela 17: Valores RTR para os índices ecológicos da macrofauna bentônica (IER= Índice ecológico RTR)

Pontos	Índices					
	n° ssp	Margalef	Shannon	Pielou	Simpson	IER
<b>A3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>A4</b>	4,50	2,43	2,72	0,97	2,66	<b>2,66</b>
<b>A5</b>	1,55	1,27	1,16	0,92	1,06	<b>1,19</b>
<b>B3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>B4</b>	1,50	1,08	1,12	0,92	1,07	<b>1,14</b>
<b>B5</b>	2,13	1,43	1,29	0,90	1,26	<b>1,40</b>
<b>C3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>C4</b>	4,50	1,54	2,50	0,89	2,39	<b>2,36</b>
<b>C5</b>	1,70	1,45	1,24	0,93	1,24	<b>1,31</b>
<b>D3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>D4</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>
<b>D5</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>

Em seguida, foram preparados os gráficos de 3 eixos e calculadas as áreas formadas pelos 3 triângulos (Figuras 30, 31 e 32), com base nos valores RTR para os pontos estudados e para os pontos referência (Radial D) .

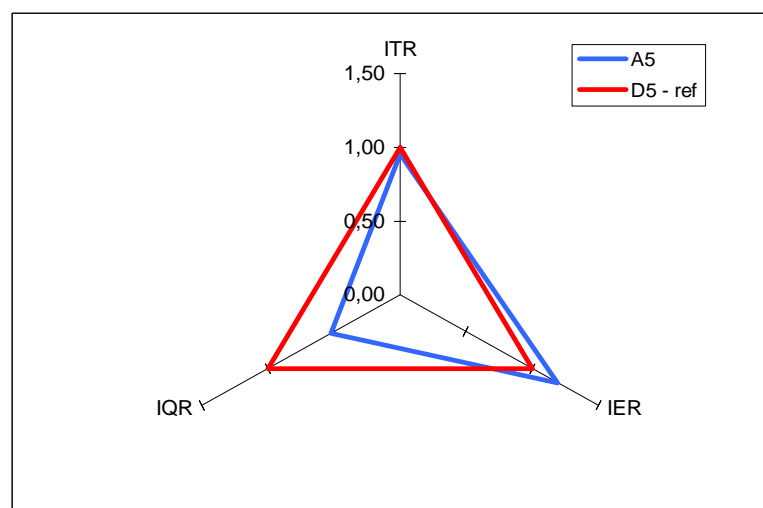
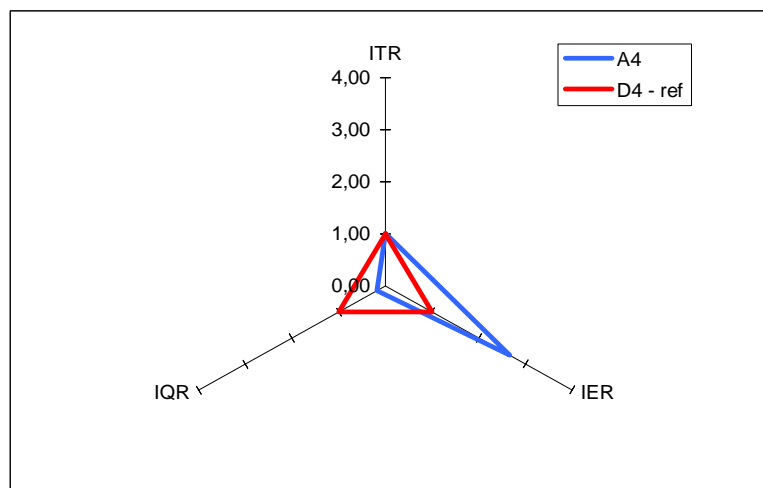
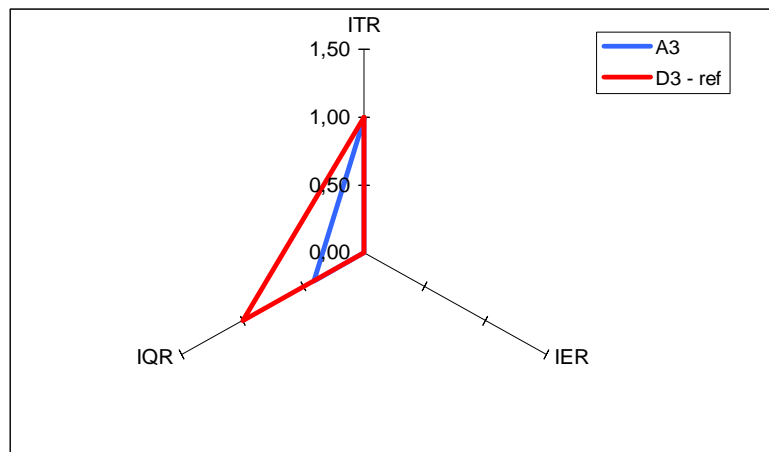


Figura 30: Gráficos dos triângulos RTR, com os índices de contaminação química (IQR), toxicidade (ITR) e ecológicos da comunidade bentônica (IER) em cada eixo, e para cada ponto analisado da Radial A como seu respectivo ponto referência.

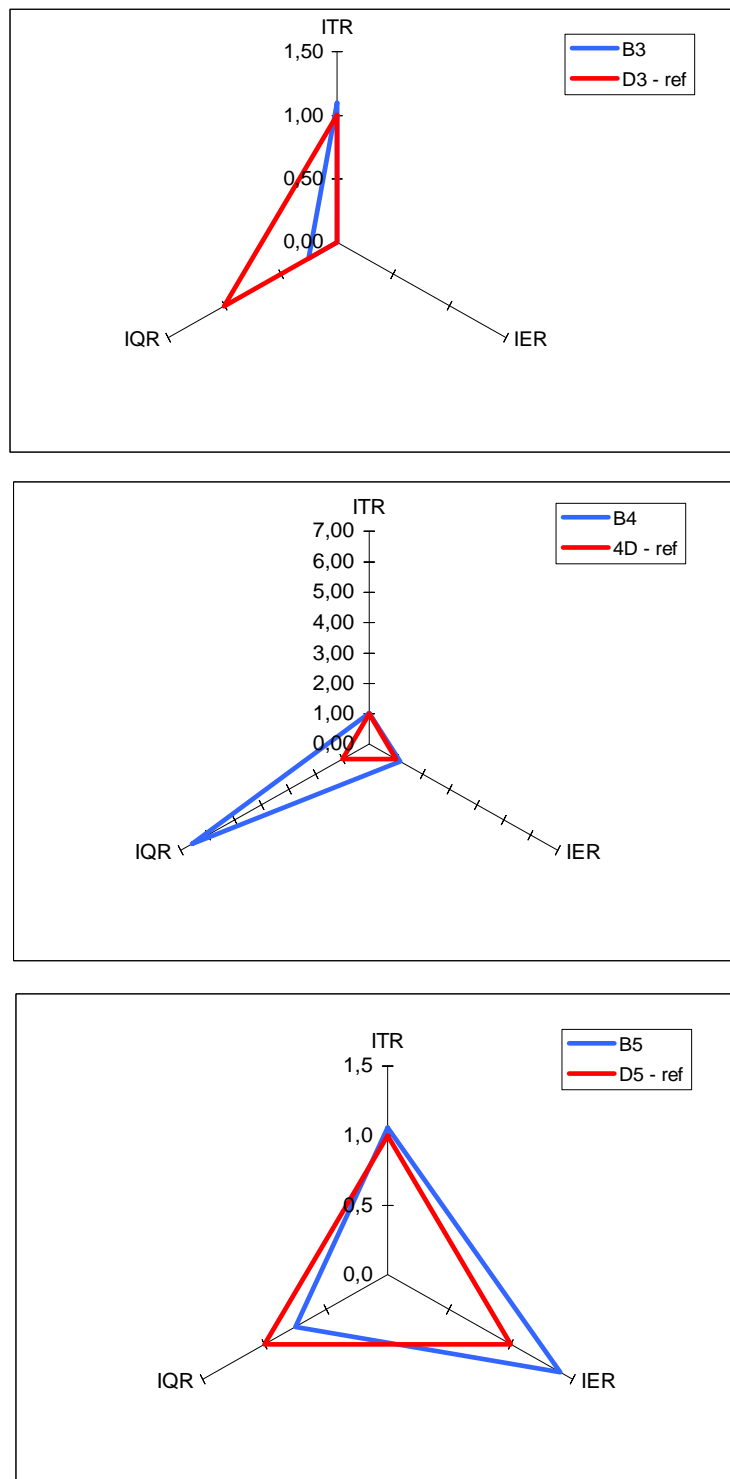


Figura 31: Gráficos dos triângulos RTR, com os índices de contaminação química (IQR), toxicidade(ITR) e ecológicos da comunidade bentônica (IER) em cada eixo, e para cada ponto analisado da Radial B como seu respectivo ponto referência.



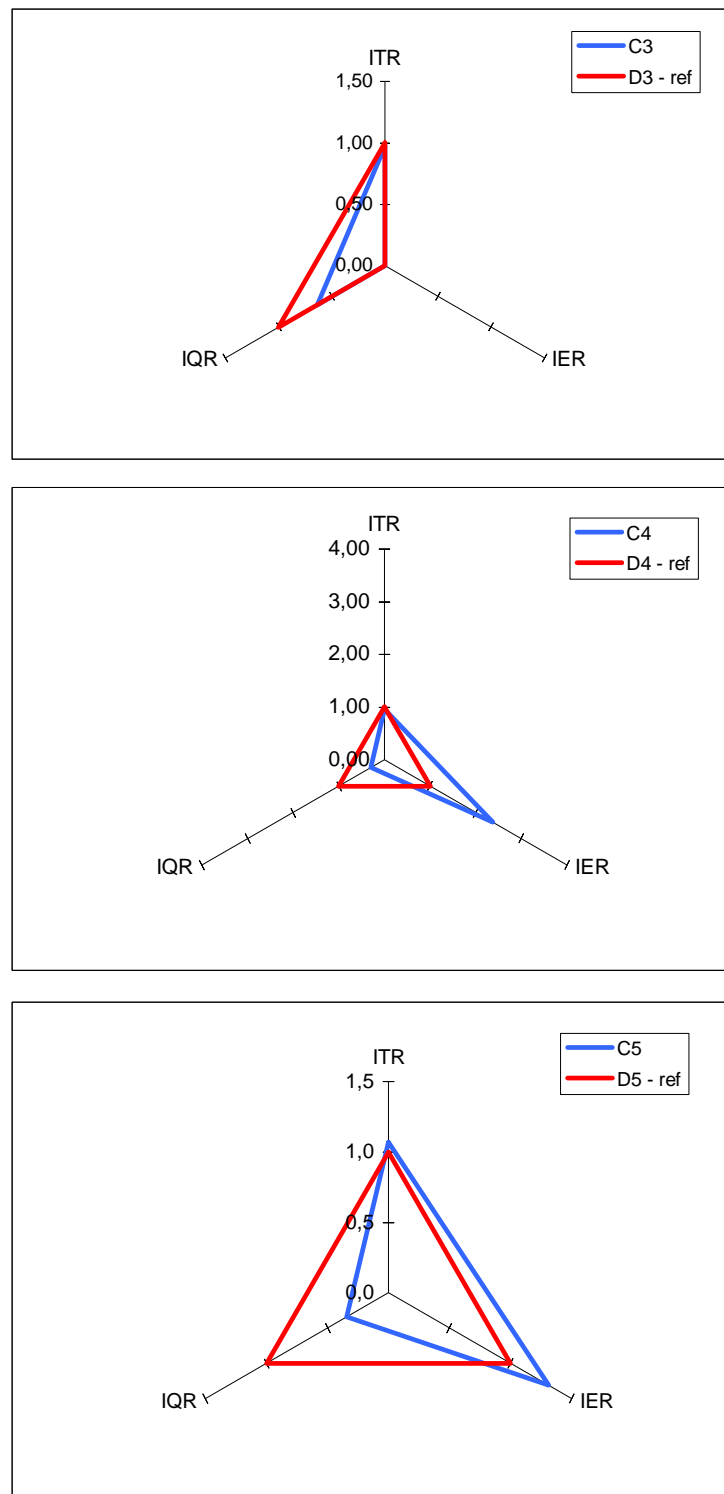


Figura 32: Gráficos dos triângulos RTR, com os índices de contaminação química (IQR), toxicidade (ITR) e ecológicos da comunidade bentônica (IER) em cada eixo, e para cada ponto analisado da Radial C como seu respectivo ponto referência.



Os valores de RTR das Radiais A, B e C variaram entre 5,323 e -0,337 (Tabela 18). Esses valores foram subtraídos dos valores RTR obtidos na radial da área referência (Radial D). Deste modo, os valores mais elevados obtidos foram os observados nos pontos B4, A4, B5, C4, C5, A5, B3, A3 e C3, respectivamente, sugerindo a existência de um maior grau de alteração somente na amostra B4, que apresentou os maiores valores de metais e toxicidade.

Alguns valores de RTR dos pontos da área referência (Radial D - Praia de Ubu) foram maiores que os da área de estudo na Praia do Além. Tal resultado pode ser atribuído a maior influência antrópica e ao baixo hidrodinâmismo deste local (Radial D), fazendo com que ocorra uma maior retenção de contaminantes no sedimento.

**Tabela 18: Áreas (Ni) e soma das áreas dos triângulos formados pelos valores dos pontos de estudo e dos pontos referência, análise química (q), de toxicidade (t) e ecologia do bentos (e).**

	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	Diferença
<b>A3</b>	0,000	0,178	0,000	0,178	
<b>D3 - ref</b>	0,000	0,434	0,000	0,434	-0,256
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>A4</b>	1,166	0,079	0,207	1,452	
<b>D4 - ref</b>	0,434	0,434	0,434	1,301	0,151
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>A5</b>	0,491	0,216	0,270	0,977	
<b>D5 - ref</b>	0,434	0,434	0,434	1,301	-0,324
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>B3</b>	0,000	0,120	0,000	0,120	
<b>D3 - ref</b>	0,000	0,434	0,000	0,434	-0,314
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>B4</b>	0,498	2,877	3,245	6,620	
<b>D4 - ref</b>	0,434	0,434	0,434	1,301	5,320
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>B5</b>	0,642	0,342	0,454	1,438	
<b>D5 - ref</b>	0,434	0,434	0,434	1,301	0,138
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>C3</b>	0,000	0,270	0,000	0,270	
<b>D3 - ref</b>	0,000	0,434	0,000	0,434	-0,163
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>C4</b>	0,990	0,123	0,302	1,416	
<b>D4 - ref</b>	0,434	0,434	0,434	1,301	0,115
	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma	
<b>C5</b>	0,609	0,160	0,195	0,964	
<b>D5 - ref</b>	0,434	0,434	0,434	1,301	-0,337



### 6.3.2 RTM

Inicialmente foram calculados os valores de RTM, para cada componente da Tríade, conforme indicado nas Tabelas 19, 20 e 21 a seguir.

**Tabela 19: Valores RTM para metais no sedimento.**

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	IQM
<b>A3</b>	0,050	0,000	0,021	0,111	0,020	0,330	0,006	0,000	0,000	0,137	<b>0,067</b>
<b>A4</b>	0,053	0,000	0,082	0,000	0,096	0,280	0,036	0,000	0,000	0,132	<b>0,068</b>
<b>A5</b>	0,649	0,000	0,859	0,000	0,910	0,600	0,000	0,919	0,000	0,934	<b>0,487</b>
<b>B3</b>	0,031	0,000	0,000	0,093	0,011	0,205	0,003	0,000	0,000	0,110	<b>0,045</b>
<b>B4</b>	1,069	0,000	1,615	2,037	1,512	1,750	1,467	1,892	1,875	1,758	<b>1,498</b>
<b>B5</b>	1,756	0,000	0,653	0,000	0,667	0,365	1,547	0,365	0,703	0,341	<b>0,640</b>
<b>C3</b>	0,076	0,000	0,041	0,000	0,039	0,445	0,019	0,000	0,000	0,170	<b>0,079</b>
<b>C4</b>	0,130	0,000	0,089	0,056	0,095	0,405	0,036	0,000	0,078	0,110	<b>0,100</b>
<b>C5</b>	0,649	0,000	0,223	0,222	0,343	0,455	0,427	0,149	0,281	0,269	<b>0,302</b>
<b>D3</b>	0,118	0,000	0,093	0,000	0,125	0,400	0,044	0,000	0,000	0,192	<b>0,097</b>
<b>D4</b>	0,382	0,000	0,333	0,111	0,522	0,550	0,208	0,162	0,531	0,363	<b>0,316</b>
<b>D5</b>	0,687	0,000	1,134	1,370	1,325	0,850	1,044	1,149	1,250	1,154	<b>0,996</b>

**Tabela 20: Valores RTM para toxicidade.**

	Inters	Elutr	Sed. Tot	ITM
<b>A3</b>	0,744	1,075	0,629	<b>0,816</b>
<b>A4</b>	0,841	1,086	0,623	<b>0,850</b>
<b>A5</b>	0,695	0,659	1,026	<b>0,794</b>
<b>B3</b>	1,057	0,923	0,733	<b>0,904</b>
<b>B4</b>	0,882	0,680	0,995	<b>0,852</b>
<b>B5</b>	1,035	0,781	0,866	<b>0,894</b>
<b>C3</b>	0,751	0,944	0,717	<b>0,804</b>
<b>C4</b>	0,788	0,741	0,913	<b>0,814</b>
<b>C5</b>	1,083	0,903	0,749	<b>0,912</b>
<b>D3</b>	0,817	0,883	0,766	<b>0,822</b>
<b>D4</b>	0,884	0,812	0,833	<b>0,843</b>
<b>D5</b>	0,893	0,873	0,775	<b>0,847</b>



Tabela 21: Valores RTM para os índices ecológicos da macrofauna bentônica.

Pontos	INDICES					
	n° ssp	Margalef	Shannon	Pielou	Simpson	IEM
<b>A3</b>	1,65	0,00	0,00	0,00	1,59	<b>0,65</b>
<b>A4</b>	0,83	1,60	1,45	0,85	0,88	<b>1,12</b>
<b>A5</b>	0,15	0,42	0,43	0,79	0,19	<b>0,40</b>
<b>B3</b>	1,65	0,00	0,00	0,00	1,59	<b>0,65</b>
<b>B4</b>	0,28	0,71	0,60	0,81	0,36	<b>0,55</b>
<b>B5</b>	0,21	0,47	0,47	0,78	0,23	<b>0,43</b>
<b>C3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>C4</b>	0,83	1,01	1,33	0,78	0,80	<b>0,95</b>
<b>C5</b>	0,17	0,48	0,46	0,80	0,22	<b>0,42</b>
<b>D3</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
<b>D4</b>	0,18	0,66	0,53	0,88	0,33	<b>0,52</b>
<b>D5</b>	0,10	0,33	0,37	0,86	0,18	<b>0,37</b>

Em seguida foram preparados gráficos de 3 eixos (Figuras 33 a 36) e calculadas as áreas formadas pelos 3 triângulos com base nos valores RTM para os pontos estudados nas Radiais A, B e C e para os pontos referência (Radial D).

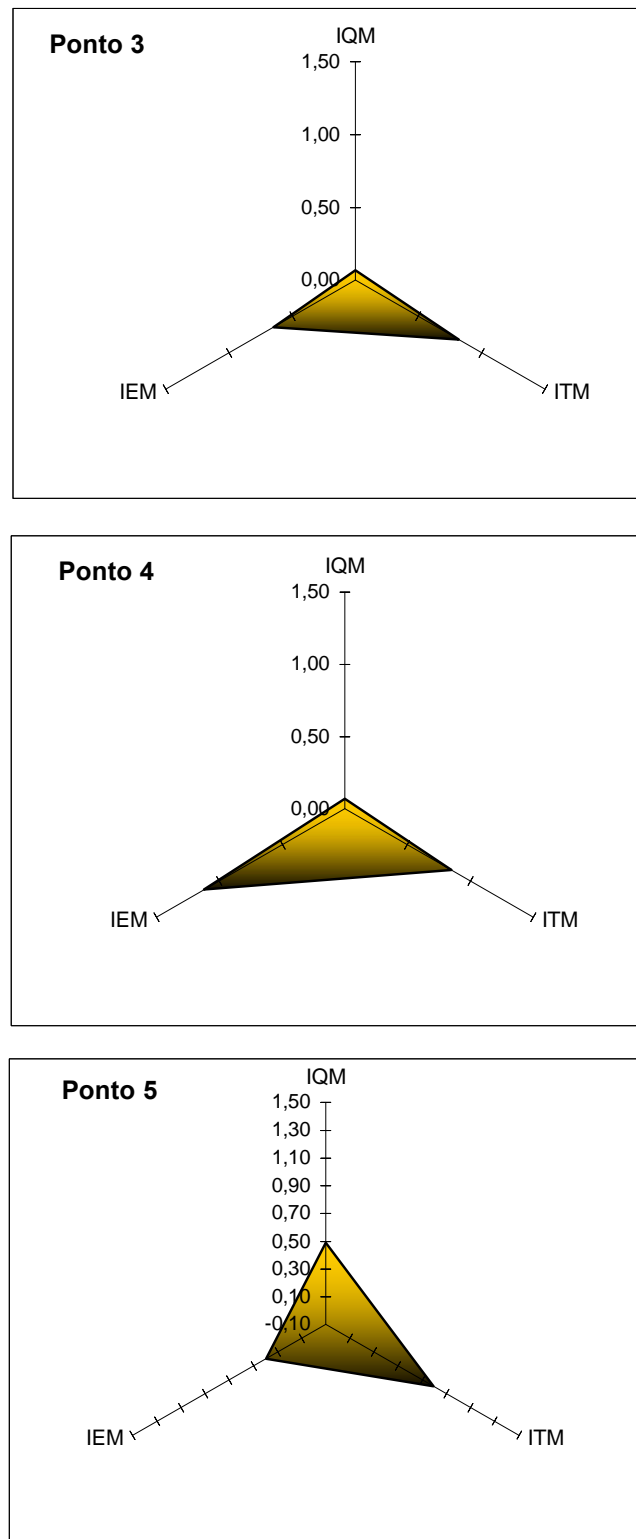
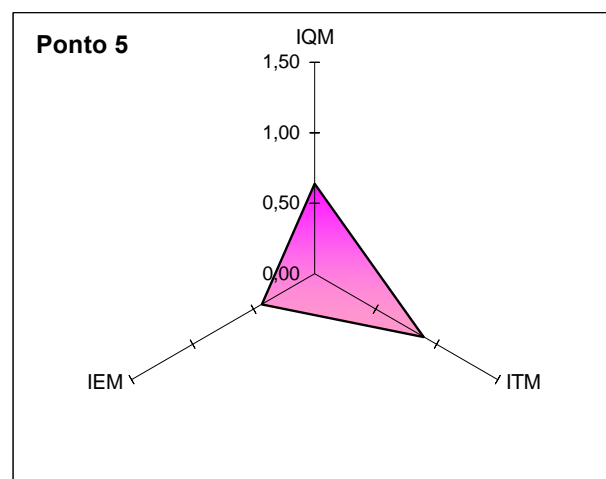
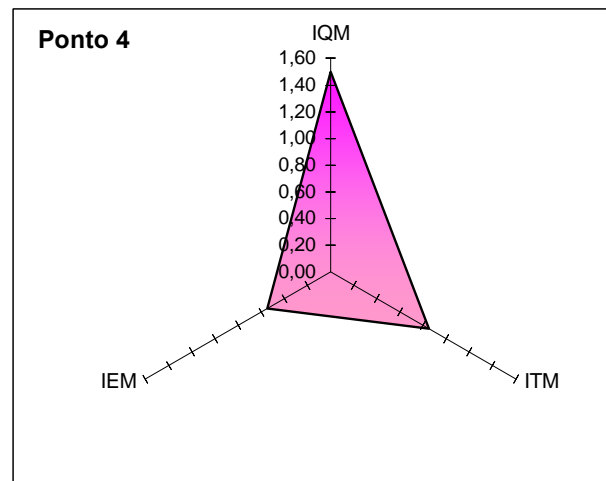
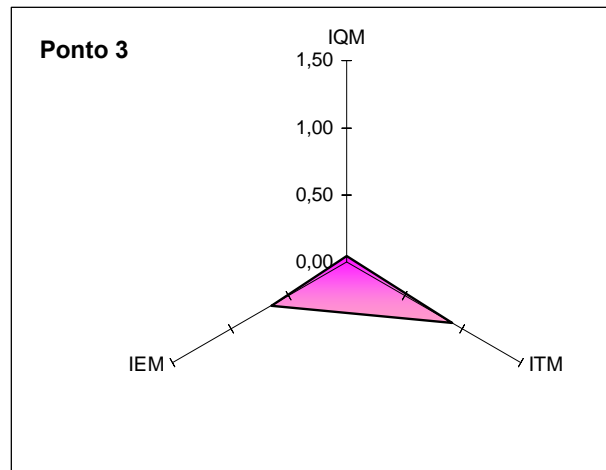


Figura 33: Gráficos dos triângulos RTM, com os índices de contaminação química (IQM), ecotoxicológicos (ITM) e da comunidade bentônica (IEM), em cada eixo e para cada ponto analisado da Radial A.



**Figura 34: Gráficos dos triângulos RTM, com os índices de contaminação química (IQM), ecotoxicológicos (ITM) e da comunidade bentônica (IEM), em cada eixo e para cada ponto analisado da Radial B.**

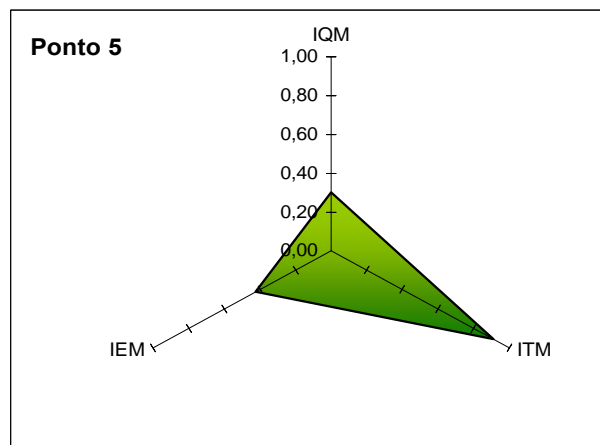
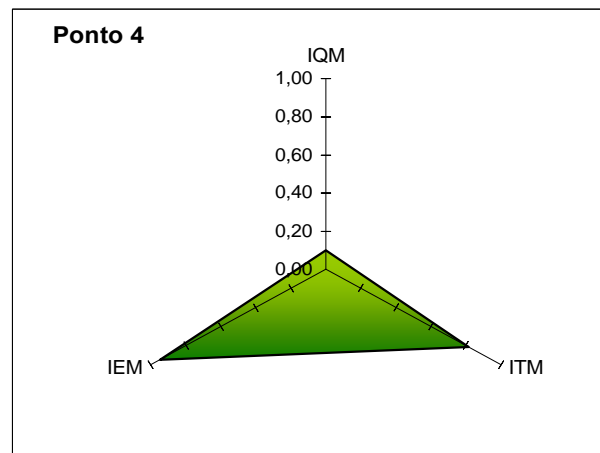
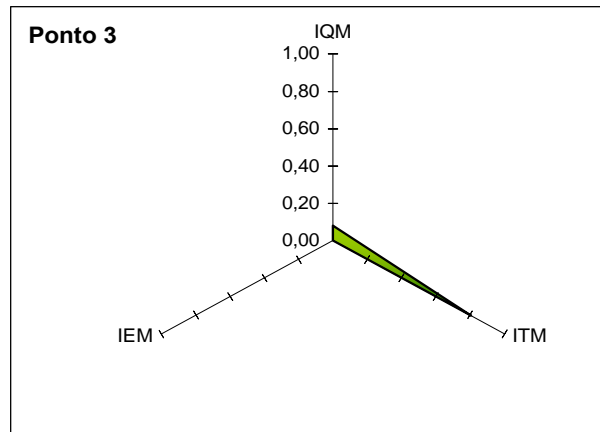
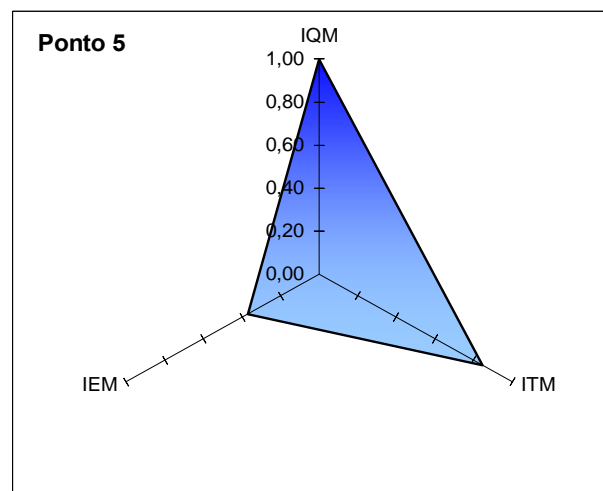
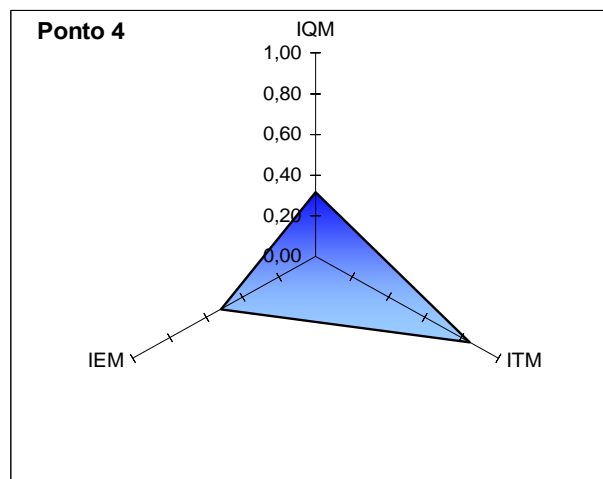
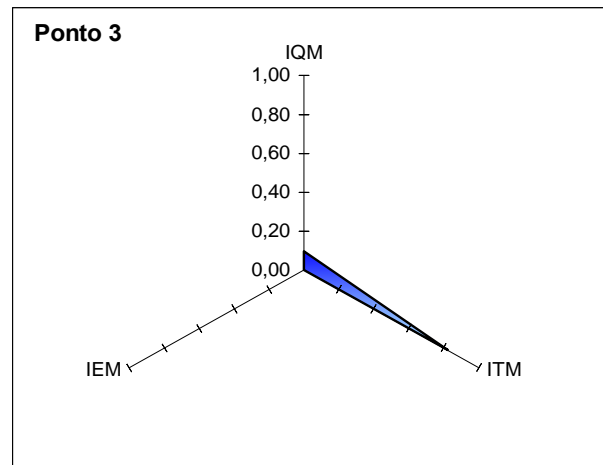


Figura 35: Gráficos dos triângulos RTM, com os índices de contaminação química (IQM), ecotoxicológicos (ITM) e da comunidade bentônica (IEM), em cada eixo e para cada ponto analisado da Radial C.



**Figura 36:** Gráficos dos triângulos RTM, com os índices de contaminação química (IQM), ecotoxicológicos (ITM) e da comunidade bentônica (IEM), em cada eixo e para cada ponto analisado da Radial D.





Os valores de RTM variaram entre 1,113 e 0,028 (Tabela 22), sendo os maiores observados nos pontos B4, D5, B5, A3, A4 e C4, respectivamente, sugerindo um maior grau de alteração na qualidade destes sedimentos. Deve-se destacar que o Ponto B4 foi considerado o mais degradado dentro da área de estudo, pois apresentou o maior valor RTM, ou seja, a maior área do triângulo.

**Tabela 22: Soma das áreas dos triângulos (Ni) formados pelos valores dos triângulos das análises químicas (q), de toxicidade (t) e da ecologia do bentos (e).**

	Nit+ Nie	Nit +Niq	Niq +Nie	soma
<b>A3</b>	0,229	0,229	0,019	<b>0,478</b>
<b>A4</b>	0,413	0,025	0,033	<b>0,472</b>
<b>A5</b>	0,136	0,168	0,084	<b>0,387</b>
<b>B3</b>	0,254	0,018	0,013	<b>0,285</b>
<b>B4</b>	0,203	0,553	0,357	<b>1,113</b>
<b>B5</b>	0,167	0,248	0,120	<b>0,535</b>
<b>C3</b>	0,000	0,028	0,000	<b>0,028</b>
<b>C4</b>	0,335	0,035	0,041	<b>0,411</b>
<b>C5</b>	0,168	0,119	0,056	<b>0,343</b>
<b>D3</b>	0,000	0,035	0,000	<b>0,035</b>
<b>D4</b>	0,189	0,116	0,071	<b>0,375</b>
<b>D5</b>	0,135	0,366	0,159	<b>0,660</b>

Considerando os valores de RTR, que considerou os pontos da Radial D como referência, e os valores RTM que incluíram todos os pontos inclusive o da área referência como área de estudo, pôde-se verificar que o ponto B4 apresentou o maior grau de alteração entre todos os pontos estudados.

A Figura 37 foi elaborada a partir dos resultados das áreas dos triângulos de RTR e RTM; nesta figura pode-se encontrar a classificação dos pontos desde o mais até o menos alterado.

RTM	Mais Alterado	RTR
B4		B4
D5		A4
B5		B5
A3		C4
A4		C5
C4		A5
A5		B3
D4		A3
C5		C3
B3		
D3		
C3		
	Não Alterado	

Figura 37: Pontos da área de estudo ordenados desde o mais alterado ao menos alterado, considerando os valores de RTR e RTM.

### 6.3.3 Correlações múltiplas

Foram realizadas correlações múltiplas entre os teores de metais, matéria orgânica no sedimento e resultados do teste de toxicidade com sedimento total. Foram consideradas relevantes as variáveis que apresentaram correlação maior que de 0,6.

Tais correlações entre os elementos analisados sugerem que estes metais são originários da mesma fonte e/ou acumulam-se nas mesmas áreas devido a hidrodinâmica local (Tabela 23).



**Tabela 23: Correlações significativas obtidas entre os metais analisados.**

Metais	Metais	Coefficiente de correlação
Ni	Cr	0,983
Ni	Cu	0,884
Ni	Fe	0,957
Ni	Hg	0,922
Ni	Mn	0,687
Pb	As	0,641
Pb	Cr	0,887
Pb	Cu	0,924
Pb	Fe	0,879
Pb	Hg	0,883
Pb	Mn	0,868
Pb	Ni	0,862
Zn	Cr	0,973
Zn	Cu	0,889
Zn	Fe	0,955
Zn	Hg	0,932
Zn	Mn	0,645
Zn	Ni	0,995
Zn	Pb	0,855

As correlações obtidas entre os teores de MO e metais confirmam a afinidade destes elementos pela matéria orgânica no ambiente sedimentar (Tabela 24).

**Tabela 24: Correlações significativas obtidas entre os metais e o teor de matéria orgânica do sedimento.**

%Mat. Orgânica (MO)	Metais	Coefficiente de correlação
MO	Cr	0,889
MO	Cu	0,844
MO	Fe	0,837
MO	Hg	0,929
MO	Ni	0,927
MO	Pb	0,789
MO	Zn	0,932



Tais correlações negativas entre a taxa de eclosão e metais indicam que onde os valores de metais foram mais elevados houve redução na taxa de eclosão de ovos de *Nitocra* sp, sugerindo que a presença de metais esteja causando efeito adverso no ambiente sedimentar em questão (Tabela 25).

**Tabela 25: Correlações significativas obtidas entre a taxa de eclosão de *Nitocra* sp e os metais analisados.**

Toxicidade	Metais	Coefficiente de correlação
TX de eclosão	Cr	-0,675
TX de eclosão	Fe	-0,702
TX de eclosão	Ni	-0,664
TX de eclosão	Zn	-0,657

## 7. CONCLUSÕES

Através da análise química, identificou-se que as amostras de sedimento dos pontos B4 e D5, apresentaram concentrações de Hg acima de TEL.

Os testes de toxicidade revelaram que o sedimento dos Pontos B4 e C4 apresentaram potencial para causar efeito à biota.

Os estudos ecológicos do bentos apontaram uma grande variação entre os pontos, provavelmente associado a variação da constituição do sedimento e hidrodinâmica local, fato que deve ser ainda comprovado em futuras amostragens.

A avaliação integrada dos dados obtidos através das análises realizadas nas amostras de sedimento das Praias do Além e de Ubu mostraram que os pontos 3 de todas as radiais foram os que apresentaram a menor alteração (química e ecotoxicológica) e os pontos 4 e 5, maior alteração. Esta alteração ainda não foi



perceptível na ecologia do bentos nesta única amostragem, talvez pelo fato das variações ambientais naturais serem muito relevantes, dificultando a interpretação.

Nos pontos 3, mais próximos a zona de arrebenção, os níveis de metais foram mais baixos devido ao menor percentual de matéria orgânica e elevados de areia grossa, típico de áreas de elevado hidrodinamismo.

Nos pontos 4 e 5 foram encontrados níveis mais elevados de contaminação por metais devido ao maior teor de matéria orgânica, típico de ambientes sedimentares com baixo hidrodinamismo. O ponto B4 foi o que apresentou maior alteração quando comparado aos demais tanto por RTR como por RTM. Tal alteração deve-se muito provavelmente a fatores antrópicos, sendo o Hg um indicador dessa hipótese.

Considerando o foco deste estudo, em termos de qualidade de sedimento até o momento não se observou diferença entre as áreas estudadas na Praia do Além e a Praia de Ubu, com exceção do ponto B4.

## 8. RECOMENDAÇÕES

Uma vez que foram encontradas concentrações de Hg na Radial D, sugere-se buscar novos pontos de referência, na região ao Sul do Porto de Ubu.

Sugere-se, na próxima campanha, realocar os Pontos de coleta localizados na face praial (Pontos 1, 2 e 3 de cada Radial estudada), criando dois novos Pontos em área submersa da Praia do Além (a 100 e 500m do infralitoral) e dois novos Pontos como referência localizados na Praia da Guanabara, litoral Sul do ES.



## 9. REFERÊNCIAS

ABESSA, D. 2002. Avaliação da qualidade de sedimentos do sistema estuarino de Santos, SP, Brasil. Tese de doutorado, IO-USP. 290 p.

ABESSA, D., E. C. SOUSA & L. R. TOMMASI, 1998. Considerações sobre o emprego da tríade de qualidade de sedimento no estudo da contaminação marinha. *Relat. Tec. Inst. Oceanogr.*, 44: 1-12 p.

ABNT NBR 15350 – Método de ensaio com ouriço-do-mar (*Echinodermata: Echinoidea*), 2006.

ABNT NBR 15469 – Ecotoxicologia Aquática – Preservação e preparo de amostras. 2007.

Canadian Council of Ministers of the Environment, 2002. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life.

CARR, R. S.; E. LONG; H. WINDOM; D. CHAPMAN; G. THURSBY; G. SLOANE; D. WOLFE. 1996a. Sediment quality assessment studies of Tampa Bay, Florida. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15 (7): 1218-1231.

CHAPMAN, P. 1996. Presentation and interpretation of sediment quality triad data. *Ecotoxicology*, 5: 327-339.

CHAPMAN, P. 1990. The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. *The Science of the Total Environment*, v. 97/98, p. 815-825.

CHAPMAN, P and LONG, 1985. The use of bioassay as part os comprehensive approach to marine pollution assessment. *Mar Pollut. Bull.* 14. 81-84pp.



CONAMA: RESOLUÇÃO Nº 344, DE 25 DE MARÇO DE 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. 1996. Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil.

FOLK, R. & Ward, W. 1957. Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.* 27(1):3-26.

FURLEY, T. R. 2006. O Uso da Tríade como instrumento de avaliação da qualidade do sedimento no entorno do emissário submarino de uma fábrica de celulose. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 167p.

HYDROS-CH2MHILL, 2004. Baía de Todos os Santos. Consórcio para o Diagnóstico Ambiental. Relatório Técnico. Salvador. BA.

KRUMBEIN W.C., 1934. Statistic models in sedimentology. *Sedimentology* 10:7-23.

LAMBERSON, J. O. De Witt, T. H. and SWARTZ, R, C. 1992. Assesment of Sediment Toxicity to marine benthos. In: Sediment Toxicity Assessment. Ed Burton, A.. Lewis Press 457p.

LONG, E.R. & CHAPMAN, P.M. 1985. A sediment quality: measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition in Puget Sound. *Mar, Pollut. Bull.* (16) 405-415.

MAYER PiINTO, M. and JUNQUEIRA, A.O.R. (2003). Effects of organic pollutionon the initialdevelopment of fouling communities in a tropical bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, p.1495-1503.



NORTON, Susan B., Susan M. CORMIER, Glenn W. SUTER II, Bhagya SUBRAMANIAN, Edith L. C. LIN, David ALTFATER, Bernie COUNTS. 2002.

Determining probable causes of ecological impairment in the Little Scioto River Ohio, USA: part 1. listing candidate causes and analysing evidence. *Environmental Toxicology and Chemistry*. v. 21, n. 6, 1112 p.

Raffaelli, D. e Hawkins, S. (1999), *Intertidal ecology*. Ed. Kluwer Academic Publishers, London.

RAKOCINSKI, C.; M. MILLIGAN; R. HEARD & T. DEARDORFF. 1996. Comparative evaluation of macrobenthic assemblages from the sulphur river Arkansas in relation to pulp mill effluent. In: *Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents*. St. Lucie Press, Florida. p.533-547.

SANTOS, P.J.P. (1994). Population dynamics and production of *Scolelepis gaucha* (Polychaeta: Spionidae) on the sandy beaches of Southern Brazil. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 110, 159-165pp.

SILVA, P.S.R. (2006). Estrutura e dinâmica da associação macrozoobentônica da zona entre-marés em dois locais sob distintas condições ambientais, Praia do Cassino, RS, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande (dissertação de mestrado), 132 p.

SIMS, J. G. 1996. Grain size and total organic carbon effects on benthic organisms. *Environmental Effects of Dredging - EEDP-01-37*, technical notes from US Army Engineer Waterways Experiment Station (USAEWES), p. 1-10.

SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Ed. Edgar Bucher. São Paulo.





VAROLI, F.M.F; FLORES, V.; FLYNN, M.N. (2007). Ocorrência de *Scolecipis squamata* Muller, 1806 (Polychaeta) em praias do Guarujá (SP). Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu – MG.

WENTHWORTH, C. 1922 A scale of grade and class term for clastic sediment. Journal of. Geology 30:377-392.

WINGUER , P. V, & LASIER, P. J. 1991. A vacuum operated extractor for estuarine and fresh water sediments bioassays. Mar. Environ. Res. (19) 225-249.

ZAMBONI, A. 2000. Caracterização ecotoxicológica do estuário da Lagoa dos Patos no entorno do Rio Grande, RS: fundamentos e técnicas. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, SP. 193p.

ZARONI, L. P. 2006. Avaliação da qualidade dos sedimentos marinhos e estuarinos no município de Bertioga- SP. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.193p.

## 10. GLOSSÁRIO

**Água intersticial** – água entre os grãos de sedimento.

**Bentos, bentônicos, epibênticos** – organismos (animais e algas) que vivem no fundo do mar ou rio.

**Biota** – seres vivos.

**CENO** – Maior concentração de efeito não observado.

**CEO** – Menor concentração de efeito observado.

**EC50** – concentração da substância testada que causa efeito tóxico a 50% dos organismos expostos.

**Sésseis** – fixos.

**SQT** – Sediment Quality Triad



**TQS** – Tríade da Qualidade do Sedimento

**SQGQ** – Quociente de Guias de Qualidade de Sedimento

## 11. CONTRATANTE

**Sandrely Amigo**

Gerência de Meio Ambiente

SAMARCO MINERAÇÃO S.A.

Rodovia do Sol – ES s/n, Anchieta-ES, CEP: 29230-000

## 12. EQUIPE TÉCNICA

<b>Responsabilidades:</b>
Gerente do Projeto: Heloisa Giacomini
Diretor de Estudo: Tatiana Heid Furley
Gerente da Qualidade: Daniele Sant'Ana Pereira
Pesquisador Senior em Biologia Ambiental – Ecotoxicologia: Letícia Pires Zaroni
Pesquisador em Biologia Ambiental – Ecotoxicologia: Milena Vitali
Pesquisador em Biologia Ambiental – Ecotoxicologia: Karina Mendes
Análises Químicas – Bioagri Ambiental
Análises Granulométricas – LabMar Análises Ambientais
Interpretação da estrutura da fauna bentônica – Gabriela Zamprogno.



## 13. DECLARAÇÕES

### 13.1 DIRETOR DO ESTUDO

Declaro que este Estudo foi realizado de acordo com os princípios da norma ISO 9001:2000 acrescida dos itens Meio Ambiente e Segurança do Trabalho, seguindo os Procedimentos Padrão - PPs adotados pela APLYSIA Tecnologia para o Meio Ambiente de acordo com o seu sistema de gestão da qualidade.

O Relatório emitido e os dados brutos serão confidencialmente arquivados por um prazo de 2 (dois) anos e estarão sempre à disposição da empresa contratante, **SAMARCO MINERAÇÃO S.A.**

Declaro ainda que estes resultados referem-se única e exclusivamente a amostra testada, e que este documento só deve ser reproduzido por completo.

Vitória, 24 de Outubro de 2008.

---

Tatiana Heid Furley  
Diretor do Estudo