



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS

JANEIRO, 2009



## SUMÁRIO

4.1 - INTRODUÇÃO .....	5
4.2 - OBJETIVOS DO TRABALHO .....	6
4.3 - MATERIAL E MÉTODOS .....	6
4.3.1 - Identificação e localização dos pontos de coleta de sedimento .....	6
4.3.2 - Procedimentos adotados para a amostragem de sedimento superficial.....	8
4.3.3 - Procedimentos adotados para a amostragem de sedimento sub-superficial.....	9
4.3.4 - Medidas físico-químicas <i>in-situ</i> nas amostras de sedimento.....	10
4.3.5 - Ensaios ecotoxicológicos.....	10
4.4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	10
4.4.1 - Parâmetros físico-químicos .....	10
4.4.2 - Granulometria .....	11
4.4.3 – Resultados obtidos comparados com a resolução conama 344/04 .....	12
4.4.4 - Resultados obtidos comparados com a resolução SMA-39 (Decisão de diretoria nº195-2005-e, de 23 de novembro de 2005).....	16
4.4.4 - Resultados eco-toxicológicos .....	26
4.4.6 - Garantia e controle de qualidade (Qa/Qc) .....	26
4.5 - CONCLUSÕES .....	31
4.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
Anexos .....	33
Anexo 4.1.....	34
Dossiê fotográfico referente ao procedimento de coleta de sedimento.....	34
Anexo 4.2.....	36
Localização dos pontos amostrais de Sedimento .....	36
Anexo 4.3.....	37
Protocolo de armazenamento para amostras de sedimento.....	37
Anexo 4.4.....	39
Medições físico-químicas realizadas em campo pela cpea – Controle de qualidade das medidas.....	39
medidor de ph e temperatura hanna hi-98127 .....	40
Anexo 4.5.....	42
Laudos das análises físico-químicas realizadas <i>in-situ</i> .....	42
Anexo 4.6.....	43
Laudos das análises realizadas em laboratório .....	43



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - Identificação e coordenadas dos pontos amostrais de sedimento.....	6
Tabela 4.2 – Resultados obtidos de granulometria (%) .....	11
Tabela 4.3 – Resultados obtidos de metais e semi-metais (mg/kg) .....	12
Tabela 4.4 – Resultados obtidos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (µg/kg) .....	14
Tabela 4.5 – Resultados obtidos de pesticidas organoclorados (µg/kg) .....	15
Tabela 4.6 – Resultados obtidos de bifenilas policloradas (µg/kg).....	15
Tabela 4.7 – Resultados obtidos de nutrientes.....	16
Tabela 4.8 – Resultados obtidos de metais e semi-metais (mg/kg) .....	17
Tabela 4.9 – Resultados obtidos de hidrocarbonetos aromáticos voláteis (mg/kg).....	18
Tabela 4.10 – Resultados obtidos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (µg/kg).....	19
Tabela 4.11 – Resultados obtidos de benzenos clorados (mg/kg).....	20
Tabela 4.12 – Resultados obtidos para os etanos clorados (mg/kg) .....	21
Tabela 4.13 – Resultados obtidos para os etenos clorados (mg/kg) .....	21
Tabela 4.14 – Resultados obtidos para os etanos clorados (mg/kg) .....	22
Tabela 4.15 – Resultados obtidos de fenóis clorados (µg/kg).....	22
Tabela 4.16 – Resultados obtidos para os fenóis não clorados (µg/kg).....	23
Tabela 4.17 – Resultados obtidos para os ésteres ftálicos (µg/kg) .....	24
Tabela 4.18 – Resultados obtidos de pesticidas organoclorados (µg/kg) .....	24
Tabela 4.19 – Resultados obtidos de bifenilas policloradas (µg/kg).....	25
Tabela 4.20 – Ensaio realizados e seus respectivos métodos de análise.....	27
Tabela 4.21 - Resultados obtidos na análise da amostra de metais e semi metais de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação.....	28
Tabela 4.22 - Resultados obtidos na análise da amostra de nutrientes de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação .....	29
Tabela 4.23 - Resultados obtidos na análise da amostra de bifenilas policloradas de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação.....	29
Tabela 4.24 - Resultados obtidos na análise da amostra de compostos voláteis de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação.....	29
Tabela 4.25 - Resultados obtidos na análise da amostra de compostos semi voláteis de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação.....	29
Tabela 4.26 - Resultados obtidos na análise da amostra de pesticidas organoclorados de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação.....	30



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 - Draga do tipo <i>van Veen</i> utilizada para coleta de sedimento superficial. ....	8
Figura 4.2 – Retirada do tubo de alumínio por um mergulhador contendo o sedimento coletado.....	9
Figura 4.3 - Equipamento utilizado para fixação do tubo de alumínio no sedimento.....	9



## 4.1 - INTRODUÇÃO

O aporte desenfreado de efluentes provenientes tanto de atividades industriais como domésticos em ecossistemas costeiros, tem ocasionado um aumento significativo dos níveis de contaminantes presentes na água e, conseqüentemente, nos sedimentos destas áreas estuarinas.

Deve-se ressaltar que os sedimentos de ambientes aquáticos constituem-se de um compartimento de grande importância, dado o reconhecimento de que ele atua como um ambiente não somente de armazenamento ou acumulação de nutrientes e contaminantes, que tem inclusive, significância histórica para bacia de drenagem dos ecossistemas aquáticos e destes propriamente ditos, mas também de reprocessamento de tais materiais autóctones e alóctones (via processos diagenéticos) e de trocas de espécies químicas com a coluna d'água (Mozeto, 2004).

Com relação às regiões portuárias, além dos sedimentos representarem um diagnóstico dos níveis de contaminação a qual a região está inserida, esta matriz ambiental também é de fundamental importância no que diz respeito aos processos de dragagens, as quais constantemente precisam ser realizadas nestas regiões em virtude do acúmulo e, conseqüente diminuição da profundidade mínima requerida para a atracação de navios para os procedimentos de carga e descarga.

A avaliação dos níveis de contaminações dos sedimentos segue as diretrizes preconizadas por duas resoluções, a CONAMA 344/04 e a SMA-39 (Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005). A primeira estabelece as “Diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais, e dá outras providências” com vistas à disposição do material dragado no oceano, sendo que a segunda resolução “Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo-2005”, cuja classificação serve de base para a disposição do material em terra.

Sendo assim, em vista desta importância a qual os sedimentos representam para o sistema como um todo, é fundamental um estudo detalhado, levando em consideração ambas as resoluções, cujos resultados irão nortear tanto os atuais níveis de contaminações quanto o destino do material que poderá sofrer processos de dragagem.

Ainda, mais especificamente com relação aos sedimentos provenientes do Porto de São Sebastião, com os resultados obtidos, será realizada uma análise crítica dos mesmos para inferir a respeito das possíveis contaminações decorrentes dos procedimentos operacionais das atividades desenvolvidas pelo Porto, assim como provenientes dos efluentes domésticos que são lançados tanto pelo emissário submarino quanto pelo Córrego da Mãe Isabel, sendo que estas duas últimas fontes lançam seus efluentes mais especificamente na Baía do Araçá, localizado ao lado do referido Porto.



## 4.2 - OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é o atendimento às exigências técnicas estabelecidas pelo IBAMA, relacionadas à avaliação geoquímica dos sedimentos nas imediações do Porto de São Sebastião, com vistas à obtenção da Licença de Operação (LO) das atividades atualmente realizadas nas dependências do referido Porto.

Esta avaliação ambiental foi realizada por meio de coletas de amostras de sedimento no entorno do Porto, com vista a avaliar a influência de possíveis fontes de contaminação, sejam elas oriundas dos processos realizados pelo próprio Porto ou dos esgotos domésticos lançados nas imediações, sobre a qualidade dos sedimentos.

## 4.3 - MATERIAL E MÉTODOS

No Anexo 4.1, encontra-se o dossiê fotográfico referente aos procedimentos de coleta de sedimento utilizados durante a campanha de amostragem.

As coletas de sedimento superficial e sub-superficial (2,0 m de profundidade) foram realizadas no dia 08 de dezembro de 2008 sendo que as amostras foram encaminhadas ao laboratório para a realização das análises no dia 09/12. As amostragens foram realizadas pelos técnicos da Consultoria Paulista de Estudos Ambientais juntamente com a empresa PRONATIVA, sendo as análises realizadas pelos laboratórios CORPLAB do Brasil LTDA e TECAM Tecnologia Ambiental LTDA.

### 4.3.1 - Identificação e localização dos pontos de coleta de sedimento

Como dito na parte introdutória, foram coletadas amostras de sedimento superficial e sub-superficial no entorno do porto de São Sebastião. A seguir, na Tabela 1, são apresentadas as coordenadas e as nomenclaturas utilizadas para a identificação de cada ponto de amostragem.

**Tabela 4.1 - Identificação e coordenadas dos pontos amostrais de sedimento.**

Ponto amostral	Profundidade	Data da coleta	Coordenadas (UTM)*	
			Eastings (mE)	Northings (mN)
PS-1-S	superfície	08/12/2008	459.593	7.366.761
PS-1-P	sub-superfície	08/12/2008		
PS-2-S	superfície	08/12/2008	459.631	7.366.682
PS-2-P	sub-superfície	08/12/2008		
PS-3-S	superfície	08/12/2008	459.601	7.366.641
PS-3-P	sub-superfície	08/12/2008		
PS-4-S	superfície	08/12/2008	459.535	7.366.552
PS-4-P	sub-superfície	08/12/2008		
PS-5-S	superfície	08/12/2008	459.453	7.366.472
PS-5-P	sub-superfície	08/12/2008		

\* Datum horizontal: SAD 69. Zona: 23K



O mapa, mostrando a localização dos pontos amostrais para sedimento superficial e sub-superficial, encontra-se na Figura 4.1 do Anexo 4.2.

As análises químicas e físicas realizadas nas amostras de sedimento seguiram as exigências da Resolução CONAMA 344/04, a qual estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras e, também, a SMA-39, por meio da Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005, o qual dispõe sobre aprovação dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo, em substituição aos valores orientadores de 2001, e dá outras providências.

Pelo fato da região a ser amostrada ser praticamente a mesma onde já foram realizados procedimentos de dragagem, foram escolhidos para análise do nível de contaminação dos sedimentos, os parâmetros preconizados pelo plano de amostragem cujas coletas foram realizadas em janeiro de 2008. Sendo assim, foram realizadas, em laboratório, as seguintes análises:

- **Metais** (alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio e zinco);
- **Hidrocarbonetos aromáticos voláteis** (benzeno, estireno, etilbenzeno, tolueno e xilenos);
- **Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos** (antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(a)pireno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, indeno(1,2,3-cd)pireno e naftaleno);
- **Benzenos clorados** (Clorobenzeno(mono), 1,2-diclorobenzeno, 1,3-diclorobenzeno, 1,4-diclorobenzeno, 1,2,3-triclorobenzeno, 1,2,4-triclorobenzeno, 1,3,5-triclorobenzeno, 1,2,3,4-tetraclorobenzeno, 1,2,3,5-tetraclorobenzeno, 1,2,4,5-tetraclorobenzeno e hexaclorobenzeno);
- **Etanos clorados** (1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, 1,1,1-tricloroetano);
- **Etenos clorados** (cloreto de vinila, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano (cis), 1,2-dicloroetano (trans), tricloroetano (TCE) e tetracloroetano (PCE));
- **Metanos clorados** (cloreto de metileno, clorofórmio e tetracloroetano de carbono);
- **Fenóis clorados** (2-clorofenol (o), 2,4-diclorofenol, 3,4-diclorofenol, 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol, 2,3,4,5-tetraclorofenol, 2,3,4,6-tetraclorofenol e pentaclorofenol (PCP));
- **Fenóis não-clorados** (cresóis e fenol);
- **Ésteres ftálicos** (dietilxil ftalato (DEHP), dimetil ftalato e di-n-butil ftalato);
- **Pesticidas organoclorados** (aldrin, dieldrin, endrin, DDT, DDD, DDE, HCH-beta, HCH-gama (lindano));
- **Bifenilas policloradas (PCB) totais;**

- Fósforo total;
- Nitrato;
- Nitrogênio Kjeldahl total;
- Carbono Orgânico Total (COT);
- Granulometria.

Todas as amostras coletadas foram enviadas aos laboratórios, juntamente com as respectivas cadeias de custódias preenchidas, de forma a atender o tempo de preservação (*holding time*) de cada analito (Anexo 4.3).

#### 4.3.2 - Procedimentos adotados para a amostragem de sedimento superficial

Os sedimentos superficiais foram coletados com auxílio de um pegador de fundo tipo *van Veen* (Figura 4.1), construído em aço inoxidável, com capacidade para coletar no máximo 25 cm de profundidade, sendo que para este trabalho, a fração coletada foi correspondente a 15 cm de profundidade.

A amostra coletada foi composta por 2 (dois) lançamentos do equipamento de coleta, para que o material coletado fosse suficiente para a realização das análises laboratoriais e o mais representativo possível do local amostrado. Os sedimentos coletados foram homogeneizados, com auxílio de pás de teflon em bandejas, e, posteriormente, acondicionados em frascos, previamente limpos, fornecidos pelo laboratório responsável pelas análises. Os frascos foram mantidos em caixas térmicas com gelo, de forma a manter a temperatura entre  $4 \pm 2$  °C, desde o momento da coleta até o envio ao laboratório.



Figura 4.1 - Draga do tipo *van Veen* utilizada para coleta de sedimento superficial.

### 4.3.3 - Procedimentos adotados para a amostragem de sedimento sub-superficial

As coletas de sedimento sub-superficial foram realizadas com um testemunhador, o qual permite a coleta de colunas indeformadas do material. Em quatro pontos amostrais (PS-2, PS-3, PS-4 e PS-5) a amostragem foi realizada por meio da inserção de um tubo de alumínio no sedimento por um mergulhador até a profundidade desejada, sendo então o mesmo retirado e trazido até a superfície (Figura 4.2).



**Figura 4.2 - Retirada do tubo de alumínio por um mergulhador contendo o sedimento coletado**

Para o ponto amostral PS-1, pelo fato do mesmo apresentar uma grande quantidade de pedras e material mais grosso, como por exemplo, conchas, foi utilizada uma estrutura (Figura 4.3) para auxiliar na inserção do tubo de alumínio no sedimento.



**Figura 4.3 - Equipamento utilizado para fixação do tubo de alumínio no sedimento**

Após a inserção do tubo de alumínio no sedimento por ambos os métodos, o mesmo é retirado e sua extremidade inferior vedada pelo próprio mergulhador, evitando assim a perda do sedimento, sendo então levado até a superfície para a retirada do material coletado.

Para todos os pontos, as amostras coletadas foram referentes à superfície (aproximadamente 25 cm) e a 2 metros de profundidade.



#### 4.3.4 - Medidas físico-químicas *in-situ* nas amostras de sedimento

Foram realizadas medidas *in-situ* de pH e potencial redox ( $E_H$ ) nas amostras de sedimento, tanto superficial quanto em profundidade. Para a medição destes parâmetros foram utilizadas as seguintes instrumentações:

- pH: eletrodo portátil HANNA, modelo HI98108;
- Potencial Redox ( $E_H$ ): eletrodo portátil HANNA, modelo HI98120

Os equipamentos utilizados foram devidamente calibrados, seguido os procedimentos internos da Consultoria Paulista (Anexo 4).

#### 4.3.5 - Ensaio ecotoxicológicos

Para as amostras de sedimento superficial foram realizados, também, ensaios ecotoxicológicos com a fração total do sedimento, utilizando um anfípoda marinho da espécie *Leptocheirus plumulosus*.

### 4.4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os laudos referentes às análises físico-químicas realizadas em campo encontram-se no Anexo 5 e os laudos e cadeias de custódia referentes às análises químicas realizadas em laboratório estão apresentados nos Anexos 4.6.

#### 4.4.1 - Parâmetros físico-químicos

Os valores de  $E_H$  variaram de -148 a -354 mV para os sedimentos superficiais e de -105 a -320 mV para os sedimentos coletados em profundidade. Estes valores negativos refletem as características de um ambiente anóxico, natural de áreas estuarinas com sedimentos ricos em matéria orgânica com grande atividade microbológica.

Segundo Baird (2002), ambientes com características reduzidas podem conter concentrações significativas de íons sulfetos ( $S_2$ ), cuja característica é justamente atuar como um agente quelante de metais, como por exemplo, o CdS, tornando estes elementos insolúveis e, conseqüentemente, com baixa probabilidade de liberação à coluna d'água. Somente eventos que ocasionem oxidação, como por exemplo, a remobilização do sedimento em eventos de dragagem, atrelados a diminuição de pH, podem ocasionar a liberação destes metais que estão quelados com sulfetos, no entanto, após a ressuspensão, os metais novamente em contato com o sedimentos anóxicos podem sofrer nova quelação. Os resultados da análise dos sedimentos mostraram uma alta concentração de enxofre.

O pH é um importante parâmetro a ser determinado pelo fato do mesmo ser controlador tanto para especiação, como para o equilíbrio para muitas espécies químicas, tais como sulfetos, amônia,



cianetos, metais e todas aquelas que se ionizam sob influência deste parâmetro. Para que não ocorra a disponibilização para a coluna d'água ou a precipitação de contaminantes, o ideal é que o pH apresente valores de neutralidade, variando dentro de uma faixa de 6,5 a 8,5.

Como exemplo, dentro da série nitrogenada, a amônia, um importante parâmetro para estabelecimento de critérios de qualidade, pode existir na forma iônica e não iônica, dependendo dos valores de pH, sendo que a forma iônica (ion amônio -  $\text{NH}_4^+$ ) predomina, alcançando 95 % da quantidade total, sendo 5 % representado pela forma não iônica (amônia -  $\text{NH}_3$ ), em condições de pH acima de 8,1 (Silva, 2004), ao passo que em pH ácido (abaixo de 5) a forma predominante é a amônia e, dependendo de outras condições, como o grau de anoxia do ambiente, este contaminante pode ser liberado à coluna d'água.

Importante frisar que somente a amônia não iônica em altas concentrações é tóxica para os organismos marinhos.

Pelos resultados de pH obtidos nota-se que os mesmos variaram entre 8,0 e 8,8, podendo-se inferir a que embora possa existir, há uma baixa probabilidade de liberação de contaminantes que estejam adsorvidos na fração fina, principalmente metais, para a coluna d'água.

#### 4.4.2 - Granulometria

Na Tabela 4.2 estão apresentados os resultados obtidos para a análise granulométrica para todas as amostras de sedimento coletadas.

**Tabela 4.2 - Resultados obtidos de granulometria (%)**

Parâmetro	PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
Argila	25,7	32,2	48,5	46,5	50,3
Silte	23,1	25,0	39,4	35,0	43,5
Areia muito grossa	5,1	9,1	0,5	2,8	0,3
Areia grossa	8,4	11,6	0,4	4,2	0,3
Areia média	6,0	4,8	0,5	2,2	0,3
Areia fina	9,4	4,2	2,3	2,3	1,3
Areia muito fina	22,3	13,2	8,3	6,8	4,0
Areia total	51,2	42,9	12	18,3	6,2
Classificação textural	Franco argilo arenosa	Franco argilosa	Argila	Argila	Argilo siltosa



**Tabela 4.2 (continuação) - Resultados obtidos de granulometria (%)**

Parâmetro	PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
Argila	50,6	51,8	35,7	32,0	30,6
Silte	35,3	43,2	25,7	26,3	25,5
Areia muito grossa	3,3	0,1	8,5	0,7	0,5
Areia grossa	3,2	0,2	7,9	0,6	0,5
Areia média	1,4	0,2	5,0	0,8	1,0
Areia fina	1,4	0,8	5,0	6,7	8,1
Areia muito fina	4,6	3,7	12,2	32,8	33,8
Areia total	13,9	5,0	38,6	41,6	43,9
Classificação textural	Argila	Argilo siltosa	Franco argilosa	Franco argilosa	Franco argilosa

De uma forma geral, a análise granulométrica demonstrou que, para a maioria dos pontos, os sedimentos oriundos dos pontos amostrais no entorno do Posto de São Sebastião apresentaram uma predominância de material de composição fina (silte e argila) e, segundo Förstner e Salomons (1980), os contaminantes associam-se preferencialmente nas frações finas dos sedimentos. Sendo assim, em termos de granulometria, os pontos amostrados possuem capacidade de agregar contaminantes através de processos como adsorção e complexação ocasionados justamente pela porção fina presente.

#### 4.4.3 - Resultados obtidos comparados com a resolução conama 344/04

##### 4.4.3.1 - Metais e semi-metais

Na Tabela 4.3 a seguir estão apresentados os resultados obtidos para metais e semi metais em todas as amostras de sedimento coletadas.

**Tabela 4.3 - Resultados obtidos de metais e semi-metais (mg/kg)**

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Nível 1	Nível 2					
Arsênio	8,2	70	9,82	10,2	13,4	11,0	15,6
Cádmio	1,2	9,6	<0,45	<0,38	<0,78	<0,51	<0,83
Chumbo	46,7	218	22,9	7,4	19,2	19,6	22,0
Cobre	34	270	31,7	5,4	15,9	14,5	16,3
Cromo	81	370	20,4	18,9	37,1	36,8	41,6
Mercúrio	0,15	0,71	<0,3	<0,03	<0,05	<0,04	<0,07
Níquel	20,9	51,6	5,58	4,96	9,80	11,8	11,0
Zinco	150	410	58,3	27,1	67,4	66,6	<8,33



Tabela 3 (continuação) - Resultados obtidos de metais e semi-metais (mg/kg)

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Nível 1	Nível 2					
Arsênio	8,2	70	16,4	13,5	9,41	9,26	9,02
Cádmio	1,2	9,6	<0,58	<0,78	<0,42	<0,47	<0,45
Chumbo	46,7	218	24,8	22,3	10,6	13,8	15,3
Cobre	34	270	19,6	16,1	7,97	10,3	10,3
Cromo	81	370	41,9	41,3	24,4	28,7	32,3
Mercúrio	0,15	0,71	<0,04	<0,06	<0,03	<0,04	<0,04
Níquel	20,9	51,6	13,6	11,6	7,7	8,43	10,4
Zinco	150	410	80,3	72,6	37,2	53,1	55,1

O único elemento encontrado em todas as amostras de sedimento coletadas foi o arsênio. Este mesmo elemento já foi quantificado também acima do valor do Nível 1 em outras áreas estuarinas, como, por exemplo, o Porto de Santos (CODESP/CPEA, 2008).

Embora seja de conhecimento que este elemento pode ter sua origem de atividades industriais, em um trabalho desenvolvido na área estuarina de Santos por Luiz-Silva *et al.* (2006), os autores identificaram que o valor de *background* para arsênio esteve entre 12 e 14 mg/kg, ou seja, acima do valor do Nível 1. Considerando que as regiões estuarinas dos Portos de Santos e São Sebastião estão contidas dentro do mesmo perfil sedimentológico (Rodrigues *et al.*, 2003), a identificação deste elemento para todas as amostras coletadas, tanto de superfície quanto em profundidade, corrobora o fato que o mesmo está ligado aos níveis de *background*.

Cabe ressaltar ainda que a concentração estabelecida para arsênio para Nível 1 é inferior às concentrações consideradas *background* por Turekian e Wedepohl (1961) para o folhelho médio e para argila marinha profunda (13 mg/kg), e muito próxima ao valor *background* (Bowen, 1979) para o sedimento médio (7,7 mg/kg).

#### 4.4.3.2 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

Na Tabela 4.4 estão apresentados os resultados obtidos para os HPA em todas as amostras de sedimento coletadas.



Tabela 4.4 - Resultados obtidos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Nível 1	Nível 2					
Antraceno	85,3	1100	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)pireno	88,8	763	106	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Criseno	108	846	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fenantreno	240	1500	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Naftaleno	160	2100	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Nível 1	Nível 2					
Antraceno	85,3	1100	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)antraceno	74,8	693	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)pireno	88,8	763	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Criseno	108	846	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fenantreno	240	1500	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Naftaleno	160	2100	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

Pelos resultados obtidos, somente o benzo(a)pireno foi quantificado ( $106 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) acima do valor de referência do Nível 1.

Segundo Lamparelli *et alli* (2001), as principais fontes dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos para o ambiente são a atividade microbiana, descarte de resíduos originados da incineração do lixo, produção de asfalto e óleo cresoto, queima de combustíveis fósseis e o aporte de esgotos domésticos e efluentes industriais.

Na região do Porto de São Sebastião, mais especificamente na Baía do Araçá, são lançados efluentes de origem doméstica provenientes da cidade de São Sebastião, sendo que a presença deste composto pode estar relacionado à estas fontes, embora não pode-se descartar a hipótese que a presença de embarcações no referido Porto que fazem uso de combustíveis fósseis, também podem contribuir para o aparecimento deste composto.

#### 4.4.3.3 - Pesticidas Organoclorados (POC)

Na Tabela 4.5 estão apresentados os resultados obtidos para os pesticidas organoclorados para todas as amostras de sedimento coletadas.



**Tabela 4.5 - Resultados obtidos de pesticidas organoclorados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )**

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Nível 1	Nível 2					
Dieldrin	0,71	4,3	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
Endrin	2,67	62,4	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
DDD	1,22	7,81	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
DDE	2,07	374	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
DDT	1,19	4,77	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
HCH-beta	0,32	0,99	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
HCH-gama (lindano)	0,32	0,99	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Nível 1	Nível 2					
Dieldrin	0,71	4,3	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
Endrin	2,67	62,4	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
DDD	1,22	7,81	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
DDE	2,07	374	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
DDT	1,19	4,77	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
HCH-beta	0,32	0,99	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
HCH-gama (lindano)	0,32	0,99	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22

Observa-se que nenhum dos pesticidas organoclorados foi quantificado acima dos respectivos valores orientadores da Resolução CONAMA 344/04

#### 4.4.3.4 - Bifenilas Policloradas (PCB)

Na Tabela 4.6 estão apresentados os resultados obtidos para PCB para as amostras de sedimento.

**Tabela 4.6 - Resultados obtidos de bifenilas policloradas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )**

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Nível 1	Nível 2					
2,4,4-triclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,5,5-tetraclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
PCB totais	22,7	180	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31



**Tabela 4.6 (continuação) - Resultados obtidos de bifenilas policloradas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )**

Parâmetro	CONAMA 344/04		PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Nível 1	Nível 2					
2,4,4-triclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,5,5-tetraclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
PCB totais	22,7	180	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31

Não foi quantificada nenhuma bifenila policlorada acima dos respectivos valores orientadores

#### 4.4.3.5 - Nutrientes

Na Tabela 4.7 estão apresentados os resultados obtidos para os nutrientes para todas as amostras de sedimento coletadas.

**Tabela 4.7 - Resultados obtidos de nutrientes**

Parâmetro	CONAMA 344/04	PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	344	324	1009	816	1286
Fósforo total (mg/kg)	2000	1163	506	1097	820	1197
Carbono orgânico total (%)	10	2,02	3,20	3,02	2,30	1,58
Parâmetro	CONAMA 344/04	PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	1107	1113	380	669	333
Fósforo total (mg/kg)	2000	995	1194	715	686	672
Carbono orgânico total (%)	10	3,01	2,25	1,06	1,51	1,14

Com relação às concentrações de nutrientes obtidas, também não foram obtidas concentrações acima dos respectivos valores orientadores.

#### 4.4.4 - Resultados obtidos comparados com a resolução SMA-39 (Decisão de diretoria nº195-2005-e, de 23 de novembro de 2005)

##### 4.4.4.1 - Metais e Semi-Metais

Na Tabela 4.8 estão apresentados os resultados obtidos para metais e semi metais para todas as amostras de sedimento coletadas.



Tabela 4.8 - Resultados obtidos de metais e semi-metais (mg/kg)

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Alumínio				13036	12415	28422	30220	35918
Antimônio	0,5	2	10	<0,45	<0,38	<0,19	<0,19	<0,19
Arsênio	3,5	15	55	9,82	10,2	13,4	11	15,6
Bário	75	150	500	44,3	<7,58	19,2	61,9	18,6
Boro				<17,9	<15,2	<31,3	<20,4	<33,3
Cádmio	0,5	1,3	8	<0,45	<0,38	<0,014	<0,014	<0,014
Chumbo	17	72	300	22,9	7,4	19,2	19,6	22,0
Cobalto	13	25	65	2,32	1,6	3,51	5,44	3,99
Cobre	35	60	400	31,7	5,44	15,9	14,5	16,3
Cromo	40	75	300	20,4	18,9	37,1	36,8	41,6
Ferro				19272	17027	30128	31870	34528
Manganês				289	231	510	467	603
Mercúrio	0,05	0,5	36	<0,03	<0,03	<0,05	<0,04	<0,07
Molibdênio	4,0	30	100	<0,89	<0,76	<1,56	<1,02	<1,67
Níquel	13,0	30	100	5,58	4,96	9,80	11,8	11,0
Prata	0,25	2	50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selênio	0,25	5		<0,29	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
Vanádio	275			20,4	17,1	39,3	45,6	45,8
zinco	60	300	1000	58,3	27,1	67,4	66,6	<8,33
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Alumínio				39216	32155	20669	20820	26703
Antimônio	0,5	2	10	<0,19	<0,19	<0,42	<0,47	<0,45
Arsênio	3,5	15	55	16,4	13,5	9,41	9,26	9,02
Bário	75	150	500	50,5	17,6	11,9	22,2	46,6
Boro				<23,3	<31,3	<16,7	<18,9	<17,9
Cádmio	0,5	1,3	8	<0,014	<0,014	<0,42	<0,47	<0,45
Chumbo	17	72	300	24,8	22,3	10,6	13,8	15,3
Cobalto	13	25	65	6,6	4,43	3,41	3,63	5,35
Cobre	35	60	400	19,6	16,1	7,97	10,3	10,3
Cromo	40	75	300	41,9	41,3	24,4	28,7	32,3
Ferro				36707	34464	20491	23430	26406
Mercúrio	0,05	0,5	36	<0,04	<0,06	<0,03	<0,04	<0,04
Manganês				621	703	288	323	364
Molibdênio	4,0	30	100	<1,16	<1,56	<0,83	<0,94	<0,89
Níquel	13,0	30	100	13,6	11,6	7,7	8,43	10,4
Prata	0,25	2	50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Selênio	0,25	5		<0,29	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
Vanádio	275			54,8	46,7	27,6	31,6	36,6
zinco	60	300	1000	80,3	72,6	37,2	53,1	55,1



Novamente, assim como aconteceu com os valores comparados à CONAMA 344/04, o arsênio foi o único elemento quantificado em todas as amostras de sedimento coletadas, porém, os resultados obtidos estão acima somente do valor de referência, com exceção dos pontos PS-3-S e PS-3-P, cujos valores obtidos estão acima do valor de prevenção.

Outros elementos também foram quantificados acima dos respectivos valores de referência, tais como chumbo, cromo, zinco e níquel

Segundo a SMA-39 (Decisão de Diretoria), o valor de referência de qualidade “é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade da água subterrânea” e o valor de prevenção “é a quantidade de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea”, ou seja, pelos resultados obtidos somente os pontos PS-3S e PS-3P apresentam alguma preocupação quanto às concentrações de arsênio obtidas, porém destaca-se que os valores obtidos (15,6 e 16,4 mg/kg) estão muito próximos do valor de prevenção (15 mg/kg). Além disso, como discutido anteriormente, este elemento pode estar relacionado ao valor de *background*.

#### 4.4.4.2 - Hidrocarbonetos Aromáticos Voláteis (VOC)

Na Tabela 4.9 estão apresentados os resultados obtidos para VOC para todas as amostras de sedimento coletadas.

**Tabela 4.9 - Resultados obtidos de hidrocarbonetos aromáticos voláteis (mg/kg)**

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Benzeno	na	0,03	0,08	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Estireno	na	0,2	35	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Etilbenzeno	na	6,2	40	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Tolueno	na	0,14	30	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
(m+p) xileno				<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	0,017
o-xileno				<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Xilenos totais	na	0,13	30	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	0,017
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Benzeno	na	0,03	0,08	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
Estireno	na	0,2	35	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
Etilbenzeno	na	6,2	40	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	0,009
Tolueno	na	0,14	30	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
(m+p) xileno				<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	0,012
o-xileno				<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
Xilenos totais	na	0,13	30	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	0,012



Não foram obtidas concentrações para esta classe de compostos que ultrapassassem os respectivos valores orientadores segundo a SMA-39 (Decisão de Diretoria).

#### 4.4.4.3 - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

Na Tabela 4.10 estão apresentados os resultados obtidos para HPA para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.10 - Resultados obtidos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Antraceno	na	39		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)antraceno	na	25	20000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(k)fluoranteno	na	380		132,6	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(g,h,i)perileno	na	570		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)pireno	na	52	1500	106,2	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Criseno	na	8100		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Dibenzo(a,h)antraceno	na	80	600	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fenantreno	na	3300	40000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Indeno(1,2,3-cd)pireno	na	31	25000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Naftaleno	na	120	60000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Antraceno	na	39		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)antraceno	na	25	20000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(k)fluoranteno	na	380		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(g,h,i)perileno	na	570		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Benzo(a)pireno	na	52	1500	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Criseno	na	8100		<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Dibenzo(a,h)antraceno	na	80	600	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fenantreno	na	3300	40000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Indeno(1,2,3-cd)pireno	na	31	25000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Naftaleno	na	120	60000	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0

Pelos resultados obtidos, observa-se que para nenhum hidrocarboneto policíclico aromático foram obtidas concentrações acima dos respectivos valores orientadores.



#### 4.4.4.4 - Benzenos Clorados

Na Tabela 4.11 estão apresentados os resultados obtidos para os benzenos clorados para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.11 - Resultados obtidos de benzenos clorados (mg/kg)

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Monoclorobenzeno	na	0,41	45	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2-diclorobenzeno	na	0,73	200	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,3-diclorobenzeno	na	0,39		<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,4-diclorobenzeno	na	0,39	70	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2,3-triclorobenzeno	na	0,01	15	<0,009	<0,008	<0,010	<0,010	<0,010
1,2,4-triclorobenzeno	na	0,011	20	<0,009	<0,008	<0,011	<0,010	<0,011
1,3,5-triclorobenzeno	na	0,5		<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2,3,4-tetraclorobenzeno	na	0,16		<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2,3,5-tetraclorobenzeno	na	0,0065		<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
1,2,4,5-tetraclorobenzeno	na	0,01		<0,009	<0,008	<0,010	<0,010	<0,010
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Monoclorobenzeno	na	0,41	45	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2-diclorobenzeno	na	0,73	200	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,3-diclorobenzeno	na	0,39		<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,4-diclorobenzeno	na	0,39	70	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2,3-triclorobenzeno	na	0,01	15	<0,010	<0,010	<0,008	<0,009	<0,009
1,2,4-triclorobenzeno	na	0,011	20	<0,011	<0,011	<0,008	<0,009	<0,009
1,3,5-triclorobenzeno	na	0,5		<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2,3,4-tetraclorobenzeno	na	0,16		<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2,3,5-tetraclorobenzeno	na	0,0065		<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
1,2,4,5-tetraclorobenzeno	na	0,01		<0,010	<0,010	<0,008	<0,009	<0,009

Os resultados dos benzenos clorados também demonstraram que não há concentrações acima dos valores orientadores para esta classe de compostos.

#### 4.4.4.5 - Etanos Clorados

Na Tabela 4.12 estão apresentados os resultados obtidos para os etanos clorados para todas as amostras de sedimento coletadas.



**Tabela 4.12 - Resultados obtidos para os etanos clorados (mg/kg)**

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
1,1-dicloroetano	na		20	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2-dicloroetano	na	0,075	0,25	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,1,1-tricloroetano	na		11	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
1,1-dicloroetano	na		20	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2-dicloroetano	na	0,075	0,25	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,1,1-tricloroetano	na		11	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009

Não foram obtidas concentrações de etanos clorados acima dos respectivos valores orientadores.

#### 4.4.4.6 - Etenos Clorados

Na Tabela 4.13 estão apresentados os resultados obtidos para os etenos clorados para todas as amostras de sedimento coletadas.

**Tabela 4.13 - Resultados obtidos para os etenos clorados (mg/kg)**

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Cloreto de vinila	na	0,003	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
1,1-dicloroetano	na		3,0	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2-dicloroetano (cis)	na		2,5	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
1,2-dicloroetano (trans)	na		8,0	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Tricloroetano (TCE)	na	0,0078	7,0	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Tetracloroetano (PCE)	na	0,054	5,0	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Cloreto de vinila	na	0,003	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
1,1-dicloroetano	na		3,0	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2-dicloroetano (cis)	na		2,5	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
1,2-dicloroetano (trans)	na		8,0	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
Tricloroetano (TCE)	na	0,0078	7,0	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
Tetracloroetano (PCE)	na	0,054	5,0	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009

As concentrações obtidas de etenos clorados ficaram todas abaixo dos respectivos valores orientadores da Resolução SMA-39 (Decisão de Diretoria).



#### 4.4.4.7 - Etenos Clorados

Na Tabela 4.14 estão apresentados os resultados obtidos para os etenos clorados para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.14 - Resultados obtidos para os etenos clorados (mg/kg)

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Diclorometano	na	0,018	9	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
Clorofórmio	na	1,75	5	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Tetracloro de carbono	na	0,17	0,7	<0,009	<0,008	<0,016	<0,010	<0,017
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Diclorometano	na	0,018	9	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
Clorofórmio	na	1,75	5	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009
Tetracloro de carbono	na	0,17	0,7	<0,012	<0,016	<0,008	<0,009	<0,009

Observa-se para esta classe de compostos que as concentrações obtidas também ficaram abaixo dos respectivos valores orientadores.

#### 4.4.4.8 - Fenóis Clorados

Na Tabela 4.15 estão apresentados os resultados obtidos para os fenóis clorados para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.15 - Resultados obtidos de fenóis clorados (µg/kg)

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
2-clorofenol	na	55	1500	<50	<50	<50	<50	<50
2,4-diclorofenol	na	31	4000	<20	<20	<20	<20	<20
3,4-diclorofenol	na	51	3000	<50	<50	<50	<50	<50
2,4,5-triclorofenol	na	110		<50	<50	<50	<50	<50
2,4,6-triclorofenol	na	1500	10000	<50	<50	<50	<50	<50
2,3,4,5-tetraclorofenol	na	92	250000	<50	<50	<50	<50	<50
2,3,4,6-tetraclorofenol	na	11	3500	<10	<10	<10	<10	<10
Pentaclorofenol (PCP)	na	160	1300	<50	<50	<50	<50	<50



**Tabela 4.15 (continuação) - Resultados obtidos de fenóis clorados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )**

Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
2-clorofenol	na	55	1500	<50	<50	<50	<50	<50
2,4-diclorofenol	na	31	4000	<20	<20	<20	<20	<20
3,4-diclorofenol	na	51	3000	<50	<50	<50	<50	<50
2,4,5-triclorofenol	na	110		<50	<50	<50	<50	<50
2,4,6-triclorofenol	na	1500	10000	<50	<50	<50	<50	<50
2,3,4,5-tetraclorofenol	na	92	250000	<50	<50	<50	<50	<50
2,3,4,6-tetraclorofenol	na	11	3500	<10	<10	<10	<10	<10
Pentaclorofenol (PCP)	na	160	1300	<50	<50	<50	<50	<50

Os resultados obtidos para os fenóis clorados demonstraram que esta classe de compostos não foi quantificada além dos limites estabelecidos pela Resolução SMA-39 (Decisão de Diretoria).

#### 4.4.4.9 - Fenóis Não Clorados

Na Tabela 4.16 estão apresentados os resultados obtidos para os fenóis clorados para todas as amostras de sedimento coletadas.

**Tabela 4.16 - Resultados obtidos para os fenóis não clorados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )**

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
2-metilfenol (o-cresol)				<50	<50	<50	<50	<50
3-metilfenol (m-cresol)				<50	<50	<50	<50	<50
4-metilfenol (p-cresol)				<50	<50	<50	<50	<50
Cresóis	na	160	14000	<50	<50	<50	<50	<50
Fenol	na	200	10000	<150	<150	<150	<150	<150
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
2-metilfenol (o-cresol)				<50	<50	<50	<50	<50
3-metilfenol (m-cresol)				<50	<50	<50	<50	<50
4-metilfenol (p-cresol)				<50	<50	<50	<50	<50
Cresóis	na	160	14000	<50	<50	<50	<50	<50
Fenol	na	200	10000	<150	<150	<150	<150	<150

Os fenóis não clorados não foram quantificados acima dos respectivos valores orientadores.



#### 4.4.4.10 - Ésteres Ftálicos

Na Tabela 4.17 estão apresentados os resultados obtidos para os ésteres ftálicos para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.17 - Resultados obtidos para os ésteres ftálicos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Dietilexilftalato	na	600	4000	<80	<80	<80	<80	<80
Dimetilftalato	na	250	1600	<80	<80	<80	<80	<80
Di-n-butilftalato	na	700		<80	<80	<80	<80	<80
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Dietilexilftalato	na	600	4000	<80	<80	<80	<80	<80
Dimetilftalato	na	250	1600	<80	<80	<80	<80	<80
Di-n-butilftalato	na	700		<80	<80	<80	<80	<80

Não foram obtidas concentrações de ésteres ftálicos que ultrapassassem os respectivos valores orientadores.

#### 4.4.4.11 - Pesticidas organoclorados

Na Tabela 4.18 estão apresentados os resultados obtidos para os pesticidas organoclorados para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.18 - Resultados obtidos de pesticidas organoclorados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Aldrin	na	1,5	10	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
Dieldrin	na	43	600	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
Endrin	na	1	1500	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
4,4-DDD	na	10	2000	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
4,4-DDE	na	13	3000	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
4,4-DDT	na	21	1000	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
HCH-beta	na	11	100	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
HCH-gama (lindano)	na	1	70	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31



Tabela 4.18 (continuação) - Resultados obtidos de pesticidas organoclorados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
Aldrin	na	1,5	10	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
Dieldrin	na	43	600	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
Endrin	na	1	1500	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
4,4-DDD	na	10	2000	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
4,4-DDE	na	13	3000	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
4,4-DDT	na	21	1000	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
HCH-beta	na	11	100	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
HCH-gama (lindano)	na	1	70	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22

Todas as concentrações obtidas de pesticidas organoclorados estiveram abaixo dos limites da Resolução CONAMA SMA-39 (Decisão de Diretoria).

#### 4.4.4.12 - Bifenilas Policloradas

Na Tabela 4.19 estão apresentados os resultados obtidos para as bifenilas policloradas para todas as amostras de sedimento coletadas.

Tabela 4.19 - Resultados obtidos de bifenilas policloradas ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Parâmetro	SMA-39			PS-1-S	PS-1-P	PS-2-S	PS-2-P	PS-3-S
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
2,4,4-triclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,5,5-tetraclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil				<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
PCB totais	na	3	30	<0,22	<0,19	<0,29	<0,26	<0,31
Parâmetro	SMA-39			PS-3-P	PS-4-S	PS-4-P	PS-5-S	PS-5-P
	Referência	Prevenção	Intervenção residencial					
2,4,4-triclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
2,2,5,5-tetraclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil				<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22
PCB totais	na	3	30	<0,29	<0,29	<0,21	<0,24	<0,22



Os resultados obtidos demonstraram que as concentrações obtidas estiveram abaixo dos respectivos valores orientadores.

#### **4.4.5 - Resultados eco-toxicológicos**

Os resultados dos testes eco-toxicológicos não ficaram prontos em tempo hábil para serem inseridos neste relatório e serão enviados com uma complementação assim que estiverem prontos.

#### **4.4.6 - Garantia e controle de qualidade (Qa/Qc)**

No processo de investigação de um local com indícios de contaminação, o controle de qualidade das atividades de campo e análises químicas é necessário para verificar a conformidade dos resultados com os padrões e normas pertinentes. Como as tomadas de decisão são baseadas nos resultados analíticos, é importante a credibilidade e confiança nos resultados obtidos. Desta forma, para a investigação da qualidade da água marinha no entorno do Porto de São Sebastião, preocupou-se desde o início do trabalho com o processo de aquisição de dados primários: amostragem água superficial e análises químicas, conforme apresentado nos itens a seguir.

##### **4.4.6.1. Procedimentos de descontaminação**

Dentre os diversos equipamentos utilizados nos trabalhos de campo desenvolvidos no local, a maioria deles é utilizada com certa frequência, ou seja, não são descartados após o uso. Assim a limpeza do equipamento é necessária para evitar contaminações de outras áreas (sites onde o equipamento foi utilizado anteriormente) e/ou interferências de locais mais contaminados para locais menos contaminados.

Para isto, foi estabelecido como procedimento interno da CPEA, que todos os equipamentos de coleta de água ou equipamentos utilizados em coletas, quando não descartáveis devem ser lavados com sabão neutro e água mineral três vezes e enxaguado com água destilada antes do próximo uso.

##### **4.4.6.2. Controle de Qualidade dos Resultados Analíticos**

Com o intuito de obter resultados fidedignos para as amostras de água superficial do projeto CPEA-645, o laboratório contratado aplicou um Programa de Qualidade Assegurada/Controle de Qualidade, por meio de atividades que demonstram exatidão (proximidade do valor verdadeiro) e precisão (reprodutibilidade dos resultados). Os seguintes controles de qualidade foram realizados:

1. Branco do Método: é uma amostra de água destilada que é processada junto com o lote de amostras reais, passando por todas as etapas analíticas. O branco do método é fundamental para monitorar interferência analítica causada por uma possível contaminação proveniente do laboratório, que poderia induzir a resultados falsos positivos nas amostras reais; esta contaminação pode ser proveniente da manipulação das amostras, dos reagentes utilizados



(solventes, ácidos), vidraria, do ambiente de laboratório, equipamento analítico, etc. O valor encontrado para o branco do método deve ser menor que o limite de quantificação praticável.

2. Amostras de controle laboratorial (LCS – *laboratory control sample*) – são brancos fortificados com uma quantidade conhecida de analitos-alvo. O desempenho de uma técnica analítica é avaliado pelos resultados de LCS. Se não se obtém resultados aceitáveis de LCS (dentro dos critérios de qualidade do laboratório), significa que os resultados das amostras reais são questionáveis e uma ação corretiva deve ser tomada imediatamente. LCS é usado para testar a exatidão do método.

Com a realização de ensaios químicos nas amostras de qualidade descritas acima, viabilizou-se o monitoramento da exatidão analítica do laboratório contratado, bem como avaliação de possível interferência nos resultados por manipulação, transporte, preparação e análise das amostras.

A exatidão é definida como o grau de concordância de um valor medido com o valor verdadeiro. Esta foi obtida pela realização de análises de amostras LCS e matrix spike.

#### 4.4.6.3. Avaliação dos Resultados Obtidos nas Amostras de Controle de Qualidade

1. Branco do método ou de análise

Foi utilizada água destilada para ensaios inorgânicos e água mineral, para ensaios orgânicos (para similar amostra de água superficial) como amostra de branco do método, sendo que estas foram processadas juntamente com as amostras reais. A Tabela 4.20 a seguir, mostra os métodos recorridos para a realização dos ensaios.

**Tabela 4.20 - Ensaios realizados e seus respectivos métodos de análise**

Ensaio	Método
Metais e semi metais	EPA 3050B/6010
Bifenilas policloradas	EPA 3550/8082
Pesticidas organoclorados (POC)	EPA 3550/8081
Compostos semi voláteis (SVOC)	EPA 3550/8270
Nitrogênio Kjeldahl total (TKN)	SM 4500 NorgC
Carbono Orgânico Total (TOC)	K.H.Tan, 1995
Nitrato	EPA 353.3
Mercúrio	EPA 7471
Compostos voláteis (VOC)	EPA 5021A/8260

Os resultados analíticos das amostras de água referentes ao branco do método encontram-se no seguinte laudo analítico (Anexo 5):



- Relatório de Ensaio 0851208

Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório, comprovando que não houve qualquer tipo de contaminação oriunda de procedimentos de manipulação, preparação e análise das amostras.

## 2. Amostra de controle laboratorial (LCS) ou spike

À água destilada e deionizada, adicionou-se quantidade conhecida de analitos-alvo. Estas amostras foram processadas e analisadas juntamente com as amostras reais, assim como o branco do método. Os resultados analíticos das amostras de água referentes ao LCS (Spike) são apresentados nas Tabelas 4.21 a 4.26 a seguir.

Todos os resultados obtidos estiveram dentro dos limites de controle de qualidade do laboratório, os quais são estabelecidos a partir de análise crítica das cartas-controle, comprovando, assim, a exatidão dos métodos analíticos empregados pelo laboratório.

**Tabela 4.21 - Resultados obtidos na análise da amostra de metais e semi metais de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação**

Elementos	0851208	Intervalo de Aceitação
Alumínio	107	75-125
Antimônio	98	75-125
Arsênio	87	75-125
Bário	97	75-125
Boro	93	75-125
Cádmio	106	75-125
Chumbo	107	75-125
Cobalto	88	75-125
Cobre	98	75-125
Cromo	99	75-125
Ferro	110	75-125
Fósforo	119	75-125
Molibdênio	91	75-125
Níquel	97	75-125
Prata	107	75-125
Selênio	81	75-125
Vanádio	91	75-125
Zinco	98	75-125
Mercúrio	109	75-125



Tabela 4.22 - Resultados obtidos na análise da amostra de nutrientes de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação

Elementos	0851208	Intervalo de Aceitação
Nitrogênio Kjeldahl total	109	75-125
Nitrato	101	75-125

Tabela 4.23 - Resultados obtidos na análise da amostra de bifenilas policloradas de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação

Elementos	0851208	Intervalo de Aceitação
2,4,4-triclorobifenil	82	50-130
2,2,5,5-tetraclorobifenil	80	50-130
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil	90	50-130
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil	87	50-130
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil	88	50-130

Tabela 4.24 - Resultados obtidos na análise da amostra de compostos voláteis de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação

Elementos	0851208	Intervalo de Aceitação
1,1-dicloroetano	116	70-130
Benzeno	112	70-130
Clorobenzeno	92	70-130
Tolueno	84	70-130
Tricloroetano	72	70-130

Tabela 4.25 - Resultados obtidos na análise da amostra de compostos semi voláteis de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação

Elementos	0851208	Intervalo de Aceitação
2-clorofenol	35	25-102
Pentaclorofenol	42	17-109
Fenol	28	26-90
1,2,4-triclorobenzeno	41	38-107
1,4-diclorobenzeno	31	28-104
2,4-dinitrotolueno	32	28-89
4-cloro-3-metilfenol	34	26-103
Acenafteno	43	31-137
N-Nitroso-di-n-propilamina	76	41-126
Pireno	98	35-142



**Tabela 4.26 - Resultados obtidos na análise da amostra de pesticidas organoclorados de controle de laboratório. Valores expressos em % de recuperação**

Elementos	0851208	Intervalo de Aceitação
Aldrin	84	50-130
Y-BHC	76	50-130
4,4-DDT	95	50-130
Dieldrin	111	50-130
Endrin	99	50-130

Usou-se como referência para validação dos resultados os intervalos estabelecidos pelo laboratório.

Com os resultados obtidos para as amostras de controle de qualidade utilizadas neste projeto, pode-se validar e garantir a veracidade dos valores apresentados para as amostras de água superficial coletadas para o projeto em questão.



#### 4.5 - CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, observa-se foram obtidas concentrações que estivessem acima dos valores orientadores somente de metais e semi-metais, levando-se em consideração tanto a Resolução CONAMA 344/04 quanto a SMA-39 (Decisão de Diretoria).

Quando comparados os valores desta classe de compostos com a Resolução CONAMA 344/04, o único elemento obtido acima do Nível 1 foi o arsênio, no entanto a presença deste semi-metal parece estar muito mais relacionada ao valor de *background*, o qual, segundo estudos realizados em um estuário localizado na mesma composição sedimentar deve estar acima do Nível 1 da referida Resolução, do que propriamente a influência de atividade industriais. Ressalta-se que este elemento não foi quantificado acima do Nível 2.

Comparando-se com a SMA-39 (Decisão de Diretoria), outros metais foram obtidos acima do valor de referência e, novamente somente o arsênio foi obtido acima do valor de prevenção. Assim como preconizado nesta resolução, somente os elementos cujas concentrações estão acima do valor de prevenção devem ser considerados como prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea e, assim sendo, somente o arsênio poderia causar algum dano, no entanto, como dita anteriormente, deve-se levar em consideração o valor de *background*, o qual pode estar acima do seu respectivo valor de prevenção.

Ainda, pelos resultados obtidos, a qualidade dos sedimentos não apresenta restrições quanto à disposição desta matriz tanto em solos quanto oceânica.



#### 4.6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baird, C. (2002). Química ambiental. 2.ed. Porto Alegre: Bookman
- Bowen, H. J. M. (1979). "Environmental chemistry of the elements". Academic, London, New York, Toronto. 333p.
- CODESP/CPEA (2008). Caracterização de sedimentos para subsidiar o diagnóstico do meio físico do EIA/RIMA da dragagem de aprofundamento do canal de acesso e bacia de evolução do porto organizado de Santos. Fevereiro de 2008.
- Förstner, U. & Salomons, W. (1980). Trace metals analysis on polluted sediments. Part I: Assesments of sources and intensities. *Environ. Tech. Lett.* 1: 495 - 505
- Lamparelli, M.; Costa, M.P.; Prósperi, V.A.; Bevilaqua, J.E.; Araújo, R.P.; Eysink, G.G.L. e Pompéia, S. (2001). Sistema Estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico CETESB. São Paulo. 178p.
- Luiz-Silva, W.; Matos, R. H. R; Kristosch, G. C. e Machado, W. (2006). Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). *Quím. Nova*, Vol. 29, Nº 2, 256-263.
- Mozeto, A. A. (2004). Sedimentos e particulados lacustres: amostragens e análises biogeoquímicas. In: Bicudo, C. E. de M.; Bicudo, D. de C (Eds). Amostragens em Limnologia. São Carlos-SP: Editora RIMA. P. 298-320.
- Silva, P. S. C. (2004). Caracterização química e radiológica dos sedimentos do estuário de Santos, São Vicente e baía de Santos. Tese de Doutorado. IPEN. 268p
- Turekian, K. K.; Wedepohl, K. H. (1961) Distribution of the elements in some major units of the earths crust. *Bull. Geol. Soc. Am.* 71: 175 -192.



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## ANEXOS



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## ANEXO 4.1

### DOSSIÊ FOTOGRÁFICO REFERENTE AO PROCEDIMENTO DE COLETA DE SEDIMENTO



Figura 4.1.1 - Utilização do pegador van Veen para a amostragem de sedimento superficial.



Figura 4.1.2 - Retirada do testemunho, com o auxílio de um mergulhador, para a coleta de sedimento sub-superficial.



Figura 4.1.3 - Retirada do material coletado de dentro do testemunho

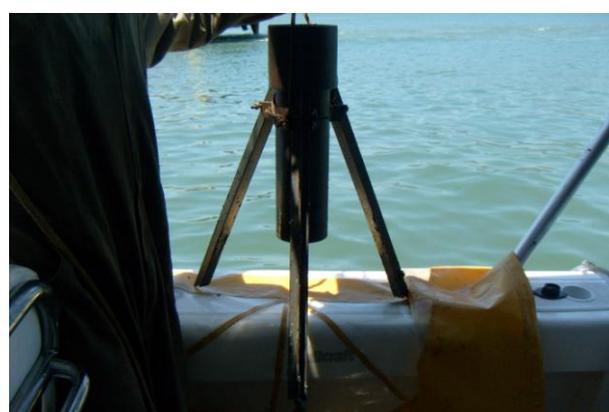


Figura 4.4.4 - Equipamento utilizado para fixação do testemunho no sedimento.



Figura 4.4.5 - Amostra de sedimento sendo acondicionada em frascos apropriados.



Figura 4.4.6 Medidas físico-químicas *in situ* nas amostras de sedimento.



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## ANEXO 4.2

### LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DE SEDIMENTO



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## ANEXO 4.3

### PROTOCOLO DE ARMAZENAMENTO PARA AMOSTRAS DE SEDIMENTO



Tabela 4.3.1 - Condições de armazenamento, preservação e estocagem das amostras de sedimento.

Parâmetros	Recipiente de armazenamento	Preservação	Prazo para análise
Cor	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	48 horas
Turbidez	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	48 horas
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	7 dias
Sólidos suspensos totais (mg/L)	plástico / vidro	Refrigeração a 4° C	7 dias
Sólidos sedimentáveis totais (mg/L)	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	48 horas
D.B.O.	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	48 horas
D.Q.O.	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	28 dias
Nitrato	plástico	Refrigeração a 4°C	48 horas
Nitrito	plástico	Refrigeração a 4°C	48 horas
Nitrogênio amoniacal	plástico	Refrigeração a 4°C	28 dias
Fósforo total	plástico	Refrigeração a 4°C	28 dias
Surfactantes (mg/L)	plástico / vidro	Refrigeração a 4°C	48 horas
Clorofila-a	vidro âmbar	Refrigeração a 4°C	48 horas
Coliformes termotolerantes	plástico	Refrigeração a 4°C	24 horas
Óleos e graxas	vidro âmbar	Refrigeração a 4°C	28 dias



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



#### ANEXO 4.4

### MEDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS EM CAMPO PELA CPEA - CONTROLE DE QUALIDADE DAS MEDIDAS



## MEDIDOR DE pH E TEMPERATURA HANNA HI-98127

### 4.4.1 - Características do Equipamento

- Equipamento portátil, equipada com medidores de pH e temperatura.

#### 4.4.1.1 - Métodos:

**pH:** determinação potenciométrica com eletrodo padrão de vidro (US EPA Method 150.1)

**Temperatura:** determinação por termistor (SM 2550B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21a. edição, 2005);

### 4.4.2 - Controle de qualidade

- **Frequência de verificação:** é realizada com a solução de verificação 4,01 e 6,89 uma checagem rápida no início e no final dos trabalhos de campo.
- **Replicatas:** deve-se sempre realizar três medidas por amostra e obter a média para expressão do resultado final.
- **Reprodutibilidade dos resultados:** As medidas são realizadas em triplicata para cada amostra. O número de replicatas deve ser ampliado quando da ocorrência de desvios elevados e os resultados extremos descartados.
- **Procedimentos de limpeza geral e manutenção:** Previamente e após o seu uso, o equipamento é lavado com água em abundância, rinsada com água destilada e seca com papel macio.
- **Amostragem e armazenamento:** As amostras não devem ser armazenadas, mas analisadas na coleta. O contato atmosférico e a demora nas análises devem ser minimizados.

## MEDIDOR DE $E_H$ E TEMPERATURA HANNA HI-98120

### 4.4.1. Características do Equipamento

- Equipamento portátil, equipada com medidores de  $E_H$  e temperatura.

#### 4.4.1.1. Métodos:

**$E_H$ :** determinação potenciométrica com eletrodo de Ag/AgCl (SM 2580B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21a. edição, 2005);

**Temperatura:** determinação por termistor (SM 2550B, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21a. edição, 2005);

### 4.4.2. Controle de qualidade

- **Frequência de verificação:** é realizada com a solução de calibração 228mV, no início e no final dos trabalhos de campo.
- **Replicatas:** deve-se sempre realizar três medidas por amostra e obter a média para expressão do resultado final.
- **Reprodutibilidade dos resultados:** As medidas são realizadas em triplicata para cada amostra. O número de replicatas deve ser ampliado quando da ocorrência de desvios elevados e os resultados extremos descartados.
- **Procedimentos de limpeza geral e manutenção:** Previamente e após o seu uso, o equipamento é lavado com água em abundância, rinsada com água destilada e seca com papel macio.
- **Amostragem e armazenamento:** As amostras não devem ser armazenadas, mas analisadas na coleta. O contato atmosférico e a demora nas análises devem ser minimizados.



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## ANEXO 4.5

### LAUDOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS *IN-SITU*



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE ESTADO DOS TRANSPORTES  
COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO



## ANEXO 4.6

### LAUDOS DAS ANÁLISES REALIZADAS EM LABORATÓRIO