



RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS A SER  
DRAGADOS COMO SUBSÍDIO PARA A ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE  
IMPACTO AMBIENTAL - EIA E DO RESPECTIVO RELATÓRIO DE  
IMPACTO AMBIENTAL - RIMA DO TERMINAL MARÍTIMO DA ALEMOA  
S.A. IMÓVEIS E PARTICIPAÇÕES

OUTUBRO - 2008



## SUMÁRIO

1. Introdução .....	1
1.1. Aspectos legais referentes à dragagem .....	1
1.2. Estudos pretéritos existentes na região do futuro terminal marítimo da Alemoa .....	4
1.2.1. Critérios adotados para comparação das concentrações dos contaminantes encontrados na água e no sedimento .....	4
1.2.2. Compilação dos Trabalhos Consultados.....	5
1.2.3. Síntese dos resultados dos estudos pretéritos .....	11
2. Objetivos.....	12
3. Materiais e métodos.....	12
3.1. Identificação e Localização dos Pontos de Coleta.....	12
3.2. Sedimento superficial .....	17
3.3. Sedimento sub-superficial .....	18
3.4. Análises químicas.....	19
3.5. Medidas físico-químicas realizadas <i>in-situ</i> .....	20
3.6. Ensaio Ecotoxicológicos .....	20
4. Resultados e Discussões.....	20
4.1. Medidas físico-químicas realizadas <i>in-situ</i> .....	20
4.2. Granulometria .....	23
4.3. Carbono orgânico total, nitrogênio kjheldal total e fósforo total (C, NKT, S E P) .....	24
4.4. Metais e semi-metais .....	25
4.5. Bifenilas policloradas (PCB).....	27
4.6. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) .....	29
4.7. Pesticidas organoclorados (POC) .....	33
4.8. Ensaio ecotoxicológicos .....	34
5. Conclusões.....	34
6. Bibliografia .....	34
Anexos .....	34



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -Escopo da avaliação de material de dragagem (traduzido de IMO, 2002 - Specific Guidelines for Assessment of Dredged Material).....	3
Figura 2 - Esquema demonstrando as profundidades de coleta de sedimento para todos os pontos (A) e para o ponto amostral PS-4 (B) .....	14
Figura 3 - Níveis de metais normalizados pelo Sc em função da profundidade no testemunho coletado na região onde ocorrerá a atividade de dragagem. ....	15
Figura 4 - Perfis verticais dos parâmetros relacionados aos HPA no testemunho CQ1 .....	16
Figura 5 - Análise de ordenação por componentes principais (ACP) envolvendo todos os parâmetros analisados e o testemunho coletado.....	17
Figura 6 - Draga do tipo <i>Van Veen</i> utilizada para coleta de sedimento superficial .....	18
Figura 7 -Sistema de bate estaca para a inserção do tubo de amostragem e sistema de roldanas para retirada do mesmo do sedimento.....	19
Figura 8 - Região das novas áreas de descarte de material dragado do porto de Santos.....	34



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Número total de amostras investigadas, amostras acima do LQ e frequência de amostras acima do valor orientador para os resultados de metais referentes às amostras de sedimento avaliadas no levantamento de dados pretéritos .....	11
Tabela 2 - Número mínimo de amostras para a caracterização dos sedimentos* .....	13
Tabela 3 - Identificação e coordenadas dos pontos amostrais de sedimento .....	13
Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos realizados <i>in-situ</i> para as amostras de sedimento superficial e sub-superficial .....	21
Tabela 5 - Análise granulométrica das amostras de sedimento .....	23
Tabela 6 - Resultados das análises de nutrientes das amostras de sedimento .....	24
Tabela 7 - Resultados das análises de metais e semi metais das amostras de sedimento .....	25
Tabela 8 - Resultados das análises de bifenilas policloradas das amostras de sedimento .....	27
Tabela 9 - Resultados das análises de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos das amostras de sedimento .....	29
Tabela 10 - Resultados das análises de pesticidas organoclorados das amostras de sedimento .....	33
Tabela 11 - Resultados dos ensaios toxicológicos para as amostras de sedimento superficial .....	34



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. ASPECTOS LEGAIS REFERENTES À DRAGAGEM

O enquadramento legal das atividades de dragagem tem um papel fundamental como norteador do processo de avaliação do material dragado e da seleção de alternativas de disposição, uma vez que auxiliam no gerenciamento desta atividade.

A questão da dragagem e disposição de material dragado, em ambientes marinhos e estuarinos, é abordada na legislação brasileira pela NORMAM 11/DPC (Norma da Marinha do Brasil) que dispõe sobre “procedimentos para solicitação de parecer para realização de obras sob, sobre e às margens das águas jurisdicionais brasileiras”, aprovada pela Portaria nº 109/DPC, de 16 de dezembro de 2003 (que cancela a Portaria nº 52/DPC, de 04 de setembro de 2001), e pelo Decreto nº 87.566, de 16 de setembro de 1982, que promulga o texto da convenção sobre prevenção da poluição marinha por alijamento de resíduos e outras matérias, concluída em Londres em 29 de dezembro de 1972 (London Convention 1972 – LC 72), da qual o Brasil é signatário desde sua adesão em 1982. Mais especificamente, a disposição de dejetos no mar está regulamentada no mundo inteiro pela Convenção de Londres de 1972 cujos objetivos são prever, reduzir e onde cabível, eliminar a poluição causada pela disposição de dejetos no mar. A LC 72 também se aplica em algumas nações que não ratificaram nem aceitaram a convenção.

Segundo a NORMAM 11, é de competência do diretor de portos e costas (DPC), como representante da autoridade marítima para a segurança do tráfego aquaviário, “determinar a elaboração das normas da autoridade marítima relativas à execução de obras, dragagens, (...) sob, sobre e às margens das águas sob jurisdição nacional, no que concerne ao ordenamento do espaço aquaviário e à segurança da navegação.”

Dentro da NORMAM 11, o capítulo 2 estabelece “normas e procedimentos para padronizar a autorização para as atividades de dragagem e de emissão de parecer atinente a aterros, em águas jurisdicionais brasileiras (AJB)”, e esclarece que a autorização para a dragagem está vinculada à “obtenção, pelo interessado, do respectivo licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente.”

Nos Anexos do Decreto 87.566 que promulga a convenção de Londres de 1972, estão listadas as substâncias não permitidas para alijamento e as condições para este alijamento. O material de dragagem é apenas mencionado no Item 9 do Anexo I deste Decreto que determina que: “o presente Anexo não se aplicará a resíduos ou outras substâncias, por exemplo, a lama de águas residuais e entulhos de dragagens que contenham as substâncias (...), como vestígios de contaminantes. Tais resíduos estarão sujeitos às disposições do Anexo 2 ou 3”.

O Anexo 2 trata de substâncias que requerem especial atenção quando encontradas em concentrações consideráveis e, o Anexo 3, trata dos fatores que deverão ser examinados ao estabelecer critérios que regulem a concessão de permissões para o alijamento de substâncias no mar. Portanto, atualmente no Brasil, não existem restrições para a disposição de material dragado no mar



baseadas apenas nos tipos de contaminantes presentes neste material (“quais”). Embora o Decreto seja muito vago, o critério para definir alguma restrição ao alijamento de material de dragagem baseia-se nas concentrações destes contaminantes (“quanto”). A LC 72 não traz nenhuma definição específica, quantitativa, para os termos “quantidades consideráveis” de contaminantes ou para o termo “vestígios de contaminantes”, ambos utilizados no Decreto 87.566.

Por volta de 1996, o conhecimento dos efeitos da poluição marinha e a eficácia das opções de controle tinham melhorado suficientemente, garantindo e atualizando algumas previsões realizadas pela Convenção de Londres de 1972 (IMO, 2001).

A Convenção de Londres (LC 72) tem como emenda o Protocolo de 1996 que consiste em uma revisão e atualização da LC 72 sob a forma de uma série de Resoluções complementares, com a substituição de alguns artigos e definições (IMO, 2002).

O Protocolo deveria ser incorporado por todas as partes contratantes da Convenção de Londres e deveria entrar em vigor quando:

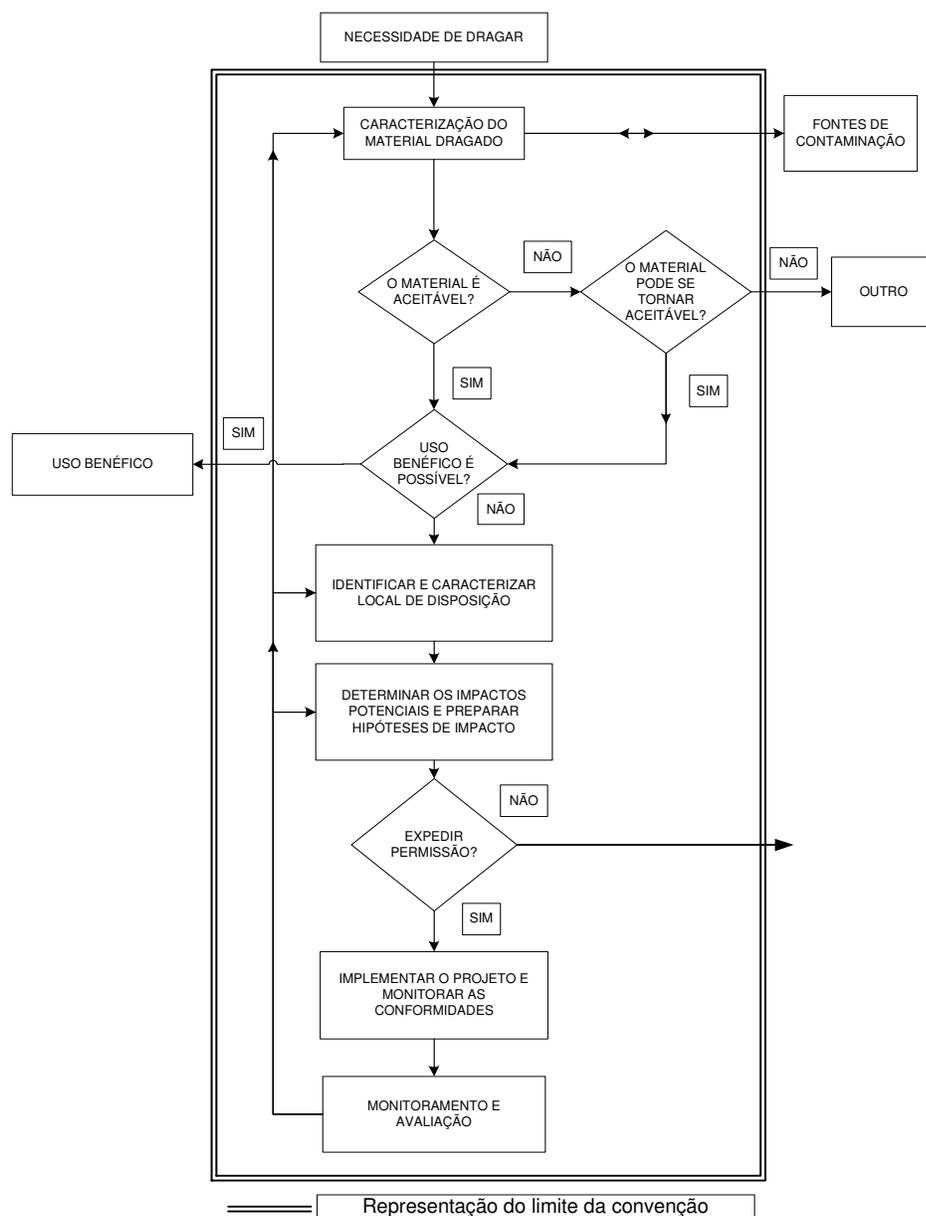
- pelo menos 26 Estados quaisquer aderissem ao Protocolo por alguma das vias indicadas no artigo 24 (assinatura, ratificação, aceitação, aprovação ou ascensão) e,
- pelo menos 15 destes 26 Estados já fossem signatários da Convenção de Londres de 1972.

O Anexo 1 do Protocolo de 1996 trata de resíduos e outros materiais que podem ser considerados para disposição marinha, sendo o material de dragagem o primeiro item desta lista.

Na 18ª Reunião Consultiva entre as partes contratantes da Convenção de Londres de 1972 (4 – 8 de dezembro de 1995) foi adotado o “escopo para avaliação de material de dragagem” (Dredged Material Assessment Framework) através da Resolução LC.52 (18). Esta Resolução foi revista em 1997 e em 2000 foram adotadas “diretrizes para a avaliação de material de dragagem”, durante a 22ª reunião consultiva entre as partes contratantes da Convenção de Londres de 1972, que substituiu o “escopo” proposto em 1995.

Diretrizes específicas para tratar a questão da dragagem no contexto da LC 72 já estavam sendo delineadas desde 1986 (“Guidelines for the Application of the Annexes to the Disposal of Dredged Material” - adotadas em 1986 durante a 10ª Reunião Consultiva - Resolução LDC.23 (10)).

O esquema da Figura 1 a seguir compõe a diretriz de 2000 e estabelece os passos para avaliação e tomada de decisão quanto à disposição do material de dragagem. Destaca-se a etapa que se refere à necessidade de determinar os impactos potenciais da disposição e estabelecer “hipóteses de impacto” que deverão ser avaliadas.



**Figura 1 - Escopo da avaliação de material de dragagem (traduzido de IMO, 2002 - Specific Guidelines for Assessment of Dredged Material).**

No Brasil, a Resolução CONAMA 344/04 dispõe sobre diretrizes gerais para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, visando o gerenciamento de sua disposição, que segue todos os preceitos da LC 72 e suas emendas.

Esta Resolução constitui um importante instrumento para orientar a avaliação dos sedimentos a serem dragados e subsidiar a tomada de decisão quanto à autorização ou não da disposição destes em águas jurisdicionais brasileiras, uma vez que tem como objetivo “Estabelecer as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado visando ao gerenciamento de sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras.”



## 1.2. ESTUDOS PRETÉRITOS EXISTENTES NA REGIÃO DO FUTURO TERMINAL MARÍTIMO DA ALEMOA

### 1.2.1. Critérios adotados para comparação das concentrações dos contaminantes encontrados na água e no sedimento

Para o desenvolvimento deste relatório, foi realizado um levantamento de dados históricos de contaminação dos sedimentos e da água provenientes de coletas realizadas na região ao entorno onde será construído o terminal marítimo da Alemoa S.A. no período compreendido entre 1982 e 2008. Os trabalhos utilizados para a compilação destes dados foram:

- CETESB (1983), com coletas realizadas em 1982
- CETESB (1989), com coletas realizadas em 1988
- CETESB (1998), com coletas realizadas em 1997
- CETESB (2001), com coletas realizadas em 1999
- Abessa (2002), com coletas realizadas em 1998
- Luiz-Silva *et al.* (2002), com coletas realizadas entre 1997 e 1998
- Siqueira *et al.* (2005), com coletas realizadas em 2000
- COSIPA-CPEA (2006), com coletas realizadas em 2006
- CODESP-CPEA (2008), com coletas realizadas em 2006, 2007 e 2008
- Neves *et al.* (2008), com coletas realizadas entre 2005 e 2006

Para o desenvolvimento deste relatório, foi realizado um levantamento de dados históricos de contaminação tanto dos sedimentos como da água do alto estuário provenientes de coletas realizadas no período compreendido entre 1982 e 2008. A maioria dos trabalhos desenvolvidos na bacia do Rio Cubatão faz referência ao levantamento de concentrações existentes somente de metais para os vários compartimentos ambientais, ou seja, água e sedimento.

Cabe ressaltar que os resultados obtidos nos trabalhos acima citados foram comparados com critérios nacionais e estrangeiros existentes até a formulação dos respectivos trabalhos, tais como:

- critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 20 de 1986, que classifica as águas do território nacional;
- critérios definidos pela Agência de Proteção Ambiental americana (EPA);
- critérios adotados pela Agência Ambiental Canadense e pelo Departamento de Proteção Ambiental da Flórida (FDEP) para a classificação dos sedimentos, que apresentam dois níveis de classificação: TEL (Nível Limiar de Efeito), referente a



concentrações abaixo das quais não são esperados efeitos adversos sobre organismos aquáticos, e PEL (Nível Provável de Efeito) referente a concentrações acima das quais são esperados efeitos adversos severos sobre organismos aquáticos;

- critérios definidos pelo *Federal Register*: Tabela 2, parágrafo 503.13
- critérios definidos por estudos específicos

No entanto, atualmente todos os trabalhos desenvolvidos onde há necessidade de caracterização tanto de sedimento, os resultados obtidos são comparados levando-se em consideração a Resolução CONAMA nº 344 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Nesta última Resolução, para efeito de classificação do material a ser dragado, são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis:

- Nível 1: limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.
- Nível 2: limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

Para uma melhor visualização e para efeito de comparação, para todos os trabalhos históricos consultados, também foi realizada uma comparação dos resultados obtidos com a resolução atual, ou seja, a CONAMA 344/04.

### 1.2.2. Compilação dos Trabalhos Consultados

A seguir, são apresentados os resultados obtidos pelos trabalhos que foram desenvolvidos na região onde será implantando o terminal marítimo da Alemoa S.A. Imóveis e Participações.

Durante o ano de 1982, três campanhas no manguezal da Baixada Santista foram realizadas pela CETESB (1983), em quatro locais distintos, para coleta de água e sedimento, visando a determinação dos níveis de contaminação local por metais. Dentre eles, apenas a estação denominada Alemoa foi considerada para esta revisão. As concentrações foram referenciadas ao EPA (1972). Todas as concentrações observadas, na água e sedimento, estiveram abaixo do limite de qualidade recomendado. Uma única exceção foi verificada para o mercúrio no sedimento (0,145 mg/kg), que esteve acima do recomendado pela EPA (0,1 mg/kg), mas se enquadra abaixo do nível 1 da CONAMA 344/04 (0,15 mg/kg).

Na região do estuário de Santos, foram amostradas 11 estações de coleta entre 1982 e 1983 ao longo do canal de Santos, desde a região portuária até Cubatão, durante a caracterização de manguezais realizada pela CETESB (1988). Em cada uma das estações, foram realizadas amostragens de água, utilizando garrafa *Van Dorn*, e sedimento superficial, com um pegador de fundo do tipo *Van Veen*, para a avaliação das concentrações de metais pesados, dentre eles cádmio,



chumbo, cobre, cromo, mercúrio e zinco. Somente as informações obtidas na estação localizada no rio Casqueiro (“RCq”) foram consideradas para esta compilação. Os valores foram comparados aos limites máximos vigentes na época, na água e no sedimento, recomendados para a preservação da vida aquática marinha, descritos em EPA (1972, 1976), GESAMP (1974), Vucetic *et al.* (1974, *apud* Seka, 1980), Chester (1975, *apud* SEMA, 1980), SEMA (1977) e Brasil (1986).

Foram obtidas, no sedimento superficial, concentrações de mercúrio (0,80 mg/kg) acima do padrão de qualidade (0,1 mg/kg) estabelecido por Vucetic *et al.* (1974, *apud* Seka, 1980), e de zinco (27,1 mg/kg) acima do limite máximo recomendado por GESAMP (1974) e Chester (1975, *apud* SEMA, 1980). Reportando-se à resolução CONAMA 344/04, vigente atualmente, verifica-se que a concentração para mercúrio está enquadrada acima do nível 2 (0,71 mg/kg) e, para zinco, abaixo do nível 1 (150 mg/kg). Nas amostras de água, foram obtidas concentrações de mercúrio (0,83 µg/kg) acima do padrão de qualidade recomendado de 0,01 µg/kg segundo a EPA (1972; 1976), SEMA (1977) e Brasil (1986), estando inclusive acima do limite estipulado de 0,2 µg/kg pela CONAMA 357/05.

Durante a avaliação do grau de contaminação ao longo do canal de navegação do Porto de Santos, desenvolvido pela CETESB (1998), foram realizadas, em 1997, amostragens de sedimentos superficiais e sub-superficiais em 7 estações, seguindo os procedimentos rotineiros de dragagem da CODESP, sendo que as amostras de todas as profundidades foram homogeneizadas, representando, dessa forma, mais adequadamente o material regularmente dragado nas atividades de manutenção do canal de navegação. Dessas, apenas a estação 1, localizada próximo à Alemoa, foi considerada para esta revisão. Os valores obtidos foram comparados aos critérios estabelecidos pela agência ambiental no Canadá, descritos em Environment Canada (1995), ou seja, TEL e PEL.

Dentre os metais, foram determinadas concentrações de chumbo (51 mg/kg), cromo (68,9 mg/kg), mercúrio (0,2 mg/kg) e zinco (136 mg/kg) acima do TEL (30,2; 52,3; 0,13 e 124 mg/kg, respectivamente), e de níquel (48 mg/kg) acima do PEL (42,8 mg/kg). Comparando os valores à resolução CONAMA 344/04, verificou-se que chumbo, mercúrio e níquel foram enquadrados acima dos respectivos valores do nível 1, 46,7 mg/kg, 0,15 mg/kg e 20,9 mg/kg. Na avaliação dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), foi detectada uma concentração igual a 110 µg/kg de Benzo(a)pireno acima do valor de 88,8 µg/kg de TEL, enquadrando-se acima do nível 1 da CONAMA 344/04 (88,8 µg/kg). Ao final da avaliação realizada por CETESB (1998), esta estação foi classificada como sendo de “grande probabilidade de causar impacto”.

Em fevereiro de 1999, teve início o levantamento da contaminação ambiental do “Sistema Estuarino de Santos e São Vicente”, realizado pela CETESB (2001). O projeto abrangeu 26 pontos de coleta, incluindo rios, estuários e a bacia de Santos em toda a região de influência da poluição hídrica. Nesses pontos, foram realizadas amostragens de água na superfície (22 amostras), utilizando-se frascos imersos diretamente no corpo d’água, e sedimentos superficiais (63 amostras), coletados em réplicas com um pegador do tipo *Van Veen*. Foram determinados cerca de 120 parâmetros envolvendo metais pesados e arsênio, pesticidas organoclorados, organoclorados aromáticos, organofosforados, herbicidas e outros pesticidas, compostos fenólicos, hidrocarbonetos policíclicos



aromáticos (HPA), solventes aromáticos e halogenados, bifenilas policloradas (PCB), dioxinas e furanos. Para esta compilação, foram consideradas as informações obtidas em apenas um ponto de amostragem, localizado no rio Casqueiro, próximo ao lixão da Alemoa, no qual foram coletadas três amostras de sedimentos (10A, 10B e 10C) e uma de água (10).

Os parâmetros determinados na água foram comparados aos critérios estabelecidos na Resolução CONAMA 20/1986, sendo que o corpo d'água no qual a estação se localiza enquadra-se na classe 7, de acordo com essa resolução; os parâmetros não definidos na legislação brasileira foram comparados aos critérios adotados pela agência ambiental canadense (Environment Canada, 1999b). Os parâmetros determinados no sedimento, devido à ausência de critérios de qualidade na legislação brasileira na época do estudo, também foram comparados aos critérios estabelecidos pela agência ambiental canadense (Environment Canada, 1999a) e FDEP (1994).

Na amostra de água, não foram detectadas concentrações que ultrapassassem os padrões de qualidade considerados. No sedimento, foram determinadas, para os metais, concentrações de cobre (20 mg/kg), níquel (17 mg/kg) e arsênio (7,6 e 9,5 mg/kg) acima dos respectivos valores de TEL iguais a 18,7 mg/kg, 15,9 mg/kg e 7,24 mg/kg. Para os HPA, foram encontradas concentrações acima do TEL para acenaftileno (25 e 63 µg/kg), acenafteno (8,2 µg/kg), benzo(a)antraceno (120 e 140 µg/kg), benzo(a)pireno (210 e 410 µg/kg), criseno (110 µg/kg), fenantreno (95 µg/kg) e pireno (320 µg/kg). Reportando à resolução CONAMA 344/04, foram detectadas concentrações de arsênio, acenaftileno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, criseno e dibenzo(a,h)antraceno acima dos respectivos valores do nível 1.

Um estudo da distribuição geoquímica de mercúrio em sedimentos superficiais em alguns rios do estuário de Santos-Cubatão foi realizado por Luiz-Silva *et al.* (2002), com amostragens mensais realizadas entre setembro de 1997 e agosto de 1998. Das 15 estações de coleta, 3 foram realizadas no rio Casqueiro (RA, RB e RC) e foram consideradas neste levantamento. Para estas estações, a concentração média anual registrada para o mercúrio foi de  $1,04 \pm 0,40$  mg/kg, com valor mínimo de 0,25 mg/kg e máximo de 3,04 mg/kg, não sendo registrado um padrão uniforme de distribuição ao longo do ano. Comparados à resolução CONAMA 344/04, nota-se que a concentração mínima observada durante todo o ano nessas estações ultrapassa o valor orientador do nível 1, e a concentração máxima observada é cerca de 4,3 vezes superior à prescrita para o nível 2 nesta resolução.

Com o objetivo de caracterizar os sedimentos do estuário de Santos, Abessa (2002) realizou 28 estações de coleta, durante março de 1998, nas quais a fração superficial do sedimento (2 cm) foi utilizada para análises sedimentológicas, químicas e ecotoxicológicas, sendo que, para cada ponto amostral, foram efetuados 10 lançamentos de um pegador de fundo do tipo *Van Veen*, construído em aço inoxidável.

As coletas abrangeram todo o sistema estuarino de Santos e São Vicente, incluindo a baía de Santos. No entanto, para esta compilação, foram considerados somente 2 pontos amostrais, situados próximo à ilha dos Bagres e largo do Casqueiro (estações 6 e 7). Os resultados dos contaminantes



foram comparados aos padrões de qualidade recomendados pela agência ambiental canadense (Environment Canadá, 1995).

Para os metais, foram detectadas concentrações de zinco (152,8 mg/kg), níquel (19,2 e 39,7 mg/kg), chumbo (39,7 mg/kg), cromo (65,8 mg/kg) e cádmio (0,99 mg/kg) acima dos valores de TEL (24,0; 15,9; 30,2; 52,3 e 0,7 mg/kg, respectivamente) e de mercúrio (0,32 mg/kg e 0,92 mg/kg) acima do TEL (0,13 mg/kg) e PEL (0,696 mg/kg). Comparando-se com a resolução CONAMA 344/04, verificou-se que os valores de zinco e níquel estiveram acima do nível 1 (20,9 e 150 mg/kg, respectivamente), e os de mercúrio acima do nível 1 (0,15 mg/kg) e também do nível 2 (0,71 mg/kg).

A análise de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) nos sedimentos, revelou concentrações acima do TEL para naftaleno (0,04 e 0,05 mg/kg), antraceno (0,630 mg/kg) e criseno (0,230 mg/kg), e acima do PEL para acenaftileno (4,450 e 1,470 mg/kg), acenafteno (0,040 e 0,050 mg/kg), fluoreno (0,130 e 0,260 mg/kg), antraceno (0,820 mg/kg), fenantreno (0,590 e 0,360 mg/kg), fluoranteno (15,850 e 4,590 mg/kg), pireno (4,930 e 0,930 mg/kg) e criseno (0,410 mg/kg). Baseando-se na resolução CONAMA 344/04, verificou-se que foram determinadas concentrações acima do nível 1 para antraceno, criseno, acenafteno, fluoreno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, pireno e criseno, e acima do nível 2 para acenaftileno.

Foram realizados, ainda, testes de toxicidade de sedimento integral, com o anfípodo escavador *Tiburonella viscana*, e da água intersticial extraída dos sedimentos, para o desenvolvimento embrionário de *Lytechinus variegatus*. Para o sedimento, nas estações consideradas, foram obtidas sobrevivências, após 10 dias de exposição, de 51,7 e 66,7%, sendo que o sedimento das duas estações foi considerado tóxico. Para a água intersticial, todas as diluições apresentaram efeitos significativos e foram, também, consideradas tóxicas.

Entre julho de 2001 e agosto de 2002, Siqueira *et al.* (2005) realizaram coletas de amostras de sedimento superficial no estuário de Santos para a avaliação da distribuição do mercúrio em sedimentos de fundo. De um total de 31 pontos analisados, somente 2 foram considerados para este levantamento (estações 7 e 10), localizados no Largo do Canéu e próximo à Ilha Duas Barras. As coletas foram realizadas com o auxílio de uma draga do tipo *van Veen*, e as leituras de mercúrio nas soluções foram realizadas pela técnica de geração de vapor a frio com espectrometria de emissão de plasma (ICP).

Foram obtidas concentrações para mercúrio de 0,223 e 0,514 mg/kg para os pontos amostrais 7 e 10, respectivamente. Levando-se em consideração os valores orientadores da Resolução CONAMA 344/04, observou-se que os dois resultados estiveram acima do nível 1 (0,15 mg/kg).

Outro estudo realizado no canal de Santos foi desenvolvido pela Cosipa (Companhia Siderúrgica Paulista) em agosto de 2006, cujo objetivo foi avaliar a qualidade do canal de Piaçaguera, considerando os compartimentos água, sedimentos e biota antes do início de qualquer atividade de dragagem, de forma que os resultados desta campanha sejam utilizados como “linha de base” na tomada de decisões durante as operações de dragagem no canal.

Para este estudo foram coletadas amostras tanto de água quanto de sedimento, sendo que o sedimento foi coletado com uma draga do tipo *Van Veen*, sendo que em cada ponto amostral foi



realizada a coleta de amostras compostas, ou seja, cada amostra de sedimento superficial foi constituída de três sub-amostras coletadas nos vértices de um triângulo imaginário, com uma distância aproximada de 50m entre si. Foram coletadas amostras em um total de dez pontos amostrais, desde a bacia de evolução até próximo a ilha Barnabé, no entanto, para efeito de comparação com os estudos aqui citados, foram considerados somente dois pontos denominados de SD-5 e SD-5A.

Para a água, as coletas foram realizadas com uma garrafa do tipo *Van Dorn* em sete pontos amostrais em três profundidades diferentes: superfície, meio e fundo, nas marés de sizígia e de quadratura, nas amplitudes alta e baixa de cada maré, obtendo-se um total de 84 amostras de água, no entanto para o presente levantamento, somente serão considerados dois pontos (PA-4 e PA-5).

Com relação aos resultados obtidos para as amostras de sedimento, foram obtidas concentrações de arsênio (9,77 mg/kg) no ponto SD-5 e mercúrio para os dois pontos, 0,51 mg/kg e 0,31 mg/kg acima do nível 1. Foram obtidas também, concentrações de 2-metilnaftaleno para os dois pontos acima do nível 2, 6120 µg/kg e 1483 para SD-5 e SD-5A, respectivamente.

Analisando-se os resultados obtidos para as amostras de água, para o caso da maré de sizígia, foram obtidas concentrações de zinco somente para o ponto PA-4, para as três profundidades na maré alta e para a superfície e meio da coluna d'água na maré alta. No caso na maré de quadratura, para o ponto PA-4 foram obtidas concentrações acima do nível 1 para cobre dissolvido nas amostras de fundo, para as marés alta e baixa, e zinco para as três profundidades na maré alta, enquanto que na maré baixa foram obtidas concentrações também de zinco na superfície e no fundo. Para o ponto PA-5, cobre também foi quantificado acima do nível 1 no fundo na maré alta, chumbo nas amostras do meio e fundo da maré alta e no fundo da maré baixa, e, finalmente, zinco foi quantificado nas amostras de fundo para as marés alta e baixa (Cosipa – CPEA, 2006).

Recentemente, em fevereiro de 2008, a CODESP realizou uma caracterização complementar detalhada do sedimento oriundo do Sistema Estuarino de Santos. Foram realizadas três campanhas, entre outubro de 2006 e setembro de 2007, sendo coletadas 67 amostras de sedimento superficial, 52 amostras de sedimento na profundidade de 1 m e 52 amostras de sedimento na profundidade de 2 m, totalizando assim, 171 amostras de sedimento.

Para esta revisão, foram consideradas 5 estações (PSS-19, PSS-21, PSS-22, PSS-49 e PSS-50), das quais três se referem à coleta de sedimento superficial, realizadas com uma draga do tipo *Van Veen*, e sub-superficial em coluna indeformada com um sistema de bate estaca, nas profundidades de 0 a 1 metro (PSST-19-1, PSST-21-1, PSS-22-1, PSST-49-1 e PSST-50-1) e de 1 a 2 metros (PSST-19-2, PSST-21-2, PSS-22-2, PSST-49-2 e PSST-50-2), para avaliação da concentração de metais pesados, pesticidas organoclorados (POC), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e carbono orgânico total (TOC). Os resultados obtidos foram comparados com a Resolução CONAMA 344/04. Com o sedimento superficial coletado, foram realizados, ainda, testes de toxicidade aguda com o anfípodo *Tiburonella viscana* e de toxicidade crônica para o desenvolvimento larval de *Lytechinus variegatus*.



Para o sedimento superficial, foram obtidas concentrações de arsênio acima do nível 1 (8,2 mg/kg) da CONAMA 344/04 para os pontos PSS-19 (9,32 mg/kg) e PSS-50 (10,24 mg/kg). Para os HPA, somente na amostra PSS-49 foram obtidas concentrações de acenafteno (35,26 µg/kg), dibenzo(a,h)antraceno (85,35 µg/kg) e fluoreno (42,36 µg/kg) acima dos respectivos valores orientadores iguais a 16 µg/kg, 6,22 µg/kg e 19 µg/kg. Das 5 amostras de sedimento superficial analisadas nos testes de toxicidade, 3 apresentaram toxicidade aguda para *Tiburonella viscana* (PSS-19, PSS-21 e PSS-49) e 3 apresentaram toxicidade crônica para *Lytechinus variegatus* (PSS-21, PSS-49 e PSS-50).

Na camada sedimentar entre 0 e 1 metro, com relação aos metais e semi metais, para o ponto PSS-49-1 foram verificadas concentrações de cádmio (1,50 mg/kg), chumbo (47,40 mg/kg) e níquel (47,90 mg/kg) acima do nível 1 e mercúrio (1,06 mg/kg) acima do nível 2. Para o ponto PSS-50-1, foram quantificados acima do nível 1 o arsênio (12,11 mg/kg), cádmio (1,40 mg/kg) e níquel (44,14 mg/kg) e acima do nível 2 somente o mercúrio (1,36 mg/kg). Para os HPA, somente no ponto PSS-49-1 foram obtidos acenafteno (22,31 µg/kg), dibenzo(a,h)antraceno (79,27 µg/kg) e fluoreno (46,53 µg/kg).

Na camada entre 1 e 2 metros, foram observadas concentrações de metais acima do nível 1 no ponto PSS-49-2 para cádmio (1,42 mg/kg) e níquel (44,62 mg/kg) enquanto mercúrio foi obtido acima do nível 2 (1,24 mg/kg) e no ponto PSS-50-2 foram quantificados acima do nível 1 o arsênio (8,46 mg/kg), cádmio (1,40 mg/kg) e níquel (44,58 mg/kg) ao passo que mercúrio ficou acima do nível 2 (1,20 mg/kg). Quanto aos HPA, foram observados valores que ultrapassaram o nível 1 somente no ponto PSS-49-2 para acenafteno (41,39 µg/kg), antraceno (92,66 µg/kg), dibenzo(a,h)antraceno (72,15 µg/kg) e fluoreno (62,32 µg/kg).

Neves *et al.* (2008) descreve, de maneira detalhada, todas as atividades realizadas e resultados obtidos durante o projeto *Integrated Ecological Coastal Zone Management System* (ECOMANAGE), cujo objetivo foi prover às autoridades costeiras conhecimentos e ferramentas que auxiliassem na tomada de decisão para o manejo integrado do sistema estuarino em três sistemas costeiros na América Latina: estuário de Santos (Brasil), Bahía Blanca (Argentina) e Fjord Aysén (Chile). No estuário brasileiro, foram realizadas 8 estações de coleta, entre agosto de 2005 e março de 2006, dentre as quais a estação 4 esteve localizada próxima à Ilha dos Bagres e foi considerada para este levantamento. Foram coletadas amostras de água na superfície, utilizando garrafas de *Van Dorn*, com as quais foram realizados testes de toxicidade crônica com *Lytechinus variegatus*, e amostras de sedimento superficial, utilizadas para a realização de testes de toxicidade com a interface água-sedimento, água intersticial e o elutriato, para o desenvolvimento larval de *Lytechinus variegatus*; sedimento integral e água intersticial para sucesso reprodutivo de *Nitocra sp.*, e sedimento integral para a sobrevivência de *Tiburonella viscana*.

Para a água de superfície, foram obtidos níveis tóxicos para *Lytechinus variegatus* apenas durante o verão, com taxas de desenvolvimento larval médio de 60-70%. Para a interface água-sedimento, foram observados valores de toxicidade positiva para *Lytechinus variegatus* durante o verão e negativa durante o inverno; quanto ao elutriato, foram obtidos valores positivos para *Lytechinus variegatus*, para



as coletas durante o inverno e verão; para as análises com água intersticial, não foram detectadas alterações no desenvolvimento larval de *Lytechinus variegatus*, nem tampouco no sucesso reprodutivo de *Nitocra sp.* Quanto ao sedimento integral, foi observada redução na sobrevivência de *Lytechinus viscana* durante o inverno, mas não foram detectadas alterações na reprodução de *Nitocra sp.* Comparada às demais regiões da baía e estuário de Santos, a estação 4 apresentou baixa frequência de toxicidade para as espécies consideradas (20,00-22,22%).

### 1.2.3. Síntese dos resultados dos estudos pretéritos

Para uma melhor visualização dos resultados obtidos nos estudos pretéritos compilados por este relatório, a Tabela 1 apresenta uma síntese dos resultados compilados para as amostras de sedimento superficiais e sub-superficiais, para o conjunto de metais avaliados, indicando a quantidade de amostras para um determinado metal, o número de amostras cujos resultados obtidos foram acima dos respectivos limites de quantificações (LQ) e, a frequência de amostras acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 344/04.

Esta comparação foi realizada somente para as concentrações obtidas para metais, pelo fato destes compostos terem sido analisados por praticamente todos os trabalhos consultados.

**Tabela 1 - Número total de amostras investigadas, amostras acima do LQ e frequência de amostras acima do valor orientador para os resultados de metais referentes às amostras de sedimento avaliadas no levantamento de dados pretéritos**

Metal	Número de amostras	detectado	acima da resolução (%)
Zinco	25	24	4
Níquel	23	22	43
Chumbo	25	24	9
Cromo	25	25	0
Cobre	23	21	0
Mercúrio	30	25	60
Cádmio	25	20	26
Arsênio	20	20	30

Observa-se através destes resultados que os sedimentos provenientes da região pesquisada estão impactados com níquel e mercúrio e, em menor grau, por cádmio e arsênio. Deve-se salientar que esta região do estuário sofre uma forte influência de efluentes provenientes do pólo industrial de Cubatão, seja por meio do aporte do rio Cubatão ou pelo próprio canal de Piaçaguera.

No entanto, algumas considerações devem ser observadas para uma melhor avaliação dos resultados obtidos:



- Os métodos de extração para análise de metais utilizados em anos anteriores não eram tão eficientes como os utilizados hoje, como por exemplo, a não-utilização de corretores interelementares para evitar sobreposição de resultados, ocasionando erros de quantificação;
- As técnicas utilizadas para quantificação atualmente são mais sensíveis, podendo-se detectar quantidades menores de contaminante;
- Os limites de quantificação empregados em anos anteriores são maiores que os empregados atualmente, sendo que, em alguns casos, são maiores até que os valores orientadores do nível 1, ocasionando pouca sensibilidade para a obtenção de concentrações baixas;
- Estão sendo comparadas amostras coletadas em diferentes pontos amostrais e, também, entre diferentes profundidades, porém todas elas dentro de um trecho do canal do porto de Santos;
- Não está sendo considerada a dinâmica dos sedimentos dentro do estuário, uma vez que, devido à sua composição, na maior parte, de material fino (silte e argila), o mesmo tende a percorrer o canal mais facilmente, ocorrendo sedimentação da mesma fração do sedimento em locais diferentes. Esse processo pode ocasionar, por exemplo, diferenças nos valores de concentrações encontrados para as amostras coletadas no mesmo ponto amostral, em um intervalo temporal de apenas alguns meses;
- Alguns pontos amostrais localizam-se em áreas sujeitas à dragagem de manutenção e, portanto, podem corresponder a uma camada de sedimentos que já foi retirada.

## 2. OBJETIVOS

Este relatório tem como objetivo apresentar os dados de caracterização físico-química das amostras de sedimento coletadas na região da dragagem do futuro terminal marítimo da Alemoa

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

No Anexo 1 encontra-se o dossiê fotográfico referente aos procedimentos de coleta realizados durante a campanha de amostragem de sedimento para caracterização química e para a avaliação dos organismos bentônicos.

### 3.1. IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Para a realização dos procedimentos de coleta, em função do volume de sedimento a ser dragado de sedimento ser igual a 3.200.000 m<sup>3</sup> e, levando-se em consideração as premissas da Resolução



CONAMA 344/04 (Tabela 2), foi determinada uma quantidade de 42 amostras para a caracterização completa do sedimento.

**Tabela 2 - Número mínimo de amostras para a caracterização dos sedimentos\***

Volume a ser dragado (m <sup>3</sup> )	Número de amostras**
Até 25000	3
Entre 25000 e 100000	4 a 6
Entre 100000 e 500000	7 a 15
Entre 500000 e 2000000	16 a 30
Acima de 2000000	10 extras por milhão de m <sup>3</sup>

\* Referência: The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic ("OSPAR Convention") was opened for signature at the Ministerial Meeting of the Oslo and Paris Commissions in Paris on 22 September 1992.

\*\* O número de amostras poderá variar em função das características ambientais da área a ser dragada; esse número será determinado pelo órgão ambiental competente licenciador.

A seguir, na Tabela 3 são apresentadas as coordenadas e a nomenclatura utilizada para a identificação de cada ponto de coleta.

**Tabela 3 - Identificação e coordenadas dos pontos amostrais de sedimento**

Ponto Amostral	Identificação	Profundidade da coleta	Data da coleta	Coordenadas (UTM)*	
				Eastings (mE)	Northings (mN)
PS-1	PS-1	Superfície	27/05/08	358.610	7.354.093
	PS-1 P1	1,5 m			
	PS-1 P2	3,0 m			
	PS-1 P3	5,0 m			
PS-2	PS-2	Superfície	27/05/08	358.828	7.354.045
	PS-2 P1	1,5 m			
	PS-2 P2	3,0 m			
	PS-2 P3	5,0 m			
PS-3	PS-3	Superfície	27/05/08	359.083	7.353.965
	PS-3 P1	1,5 m			
	PS-3 P2	3,0 m			
	PS-3 P3	5,0 m			
PS-4	PS-4	Superfície	27/05/08	359.229	7.353.893
	PS-4 P1	1,0 m			
	PS-4 P2	2,0 m			
	PS-4 P3	3,0 m			
	PS-4 P4	4,0 m			
	PS-4 P5	5,0 m			
PS-5	PS-5	Superfície	27/05/08	359.486	7.354.091
	PS-5 P1	1,5 m			
	PS-5 P2	3,0 m			
	PS-5 P3	5,0 m			
PS-6	PS-6	Superfície	27/05/08	359.634	7.354.317
	PS-6 P1	1,5 m	28/05/08		
	PS-6 P2	3,0 m			
	PS-6 P3	5,0 m			



Tabela 3 (continuação) - Identificação e coordenadas dos pontos amostrais de sedimento

Ponto Amostral	Identificação	Profundidade da coleta	Data da coleta	Coordenadas (UTM)*	
				Eastings (mE)	Northings (mN)
PS-7	PS-7	Superfície	27/05/08	359.824	7.354.464
	PS-7 P1	1,5 m	28/05/08		
	PS-7 P2	3,0 m			
	PS-7 P3	5,0 m			
PS-8	PS-8	Superfície	27/05/08	359.986	7.354.588
	PS-8 P1	1,5 m	28/05/08		
	PS-8 P2	3,0 m			
	PS-8 P3	5,0 m			
PS-9	PS-9	Superfície	27/05/08	360.165	7.354.591
	PS-9 P1	1,5 m	28/05/08		
	PS-9 P2	3,0 m			
	PS-9 P3	5,0 m			
PS-10	PS-10	Superfície	27/05/08	360.341	7.354.639
	PS-10 P1	1,5 m	28/05/08		
	PS-10 P2	3,0 m			
	PS-10 P3	5,0 m			

\*Datum horizontal: Sad 69

O mapa mostrando a localização dos pontos amostrais de sedimento encontra-se no Anexo 2. A malha amostral foi definida a partir dos trechos da hidrovia que sofrerão atividade de dragagem, perfazendo um total de 10 pontos amostrais, sendo que para cada ponto foram coletadas amostras em várias profundidades, contemplando assim as 42 amostras previstas.

Independentemente da profundidade da coluna d'água, foram coletadas amostras de sedimento superficial e sub-superficial correspondente às profundidades de 1,5 m, 3,0 m e 5,0 m em todos os pontos amostrais, exceto no ponto 4, cujas amostras coletadas são referetes às profundidades de 1m, 2m, 3m, 4m e 5m, assim como demonstrado esquematicamente na Figura 2 a seguir.

Na tabela acima, observa-se que as amostras de sedimento superficial foram coletadas todas no dia 27 de maio de 2008, enquanto que os sedimentos sub-superficiais foram coletados nos dias 27 e 28 de maio de 2008.

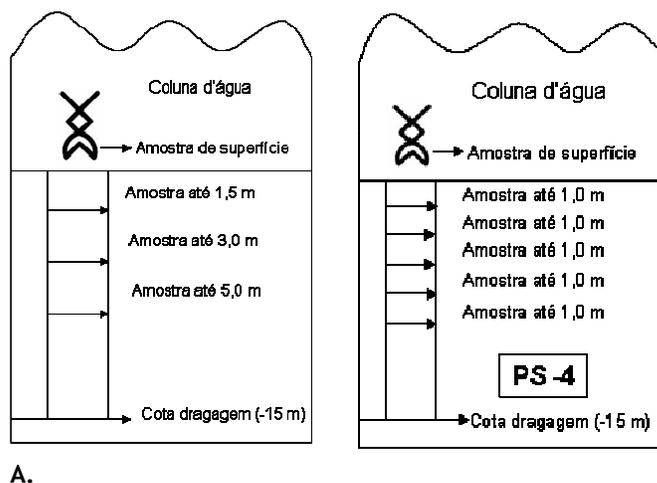


Figura 2 - Esquema demonstrando as profundidades de coleta de sedimento para todos os pontos (A) e para o ponto amostral PS-4 (B).



Embora a cota de dragagem seja referente a uma profundidade de 15m, as coletas não ultrapassaram 5m de profundidade, pois, conforme estudos pretéritos já realizados na área é possível extrapolar os resultados obtidos dentro dos 5m para a cota da dragagem. Isto é devido, principalmente, ao fato desta área nunca ter sido alvo de atividades de dragagem e, conseqüentemente, o sedimento correpondente a maiores profundidades ser referente ao período de pré-implantação do Porto de Santos, apresentando assim um histórico de baixa contaminação.

Para demonstrar este padrão de variação, em um estudo desenvolvido por Fukumoto (2007) foram obtidas duas colunas sedimentares em forma de testemunhos na região do alto estuário de Santos, com a finalidade de obtenção simultânea dos valores das taxas de sedimentação e da variabilidade vertical das propriedades texturais e dos teores de metais contidos.

Uma das colunas sedimentares foi feita justamente na região onde foram desenvolvidos os trabalhos para este estudo de caracterização, sendo que a mesma foi correspondente a uma coluna de 2 m onde foram analisados os elementos metálicos em subamostras, a cada 2 cm de profundidade até cerca de 40 cm e, a partir deste nível, em intervalos mais espaçados.

Foi realizada uma normalização dos teores dos elementos metálicos analisados (Cr, Cu, Fe, Pb, Hg e Zn) em função do escândio (Sc), pelo fato deste composto ser considerado um elemento natural e não contaminante. A Figura 3 a seguir, mostra os resultados obtidos em função da profundidade por esta normalização.

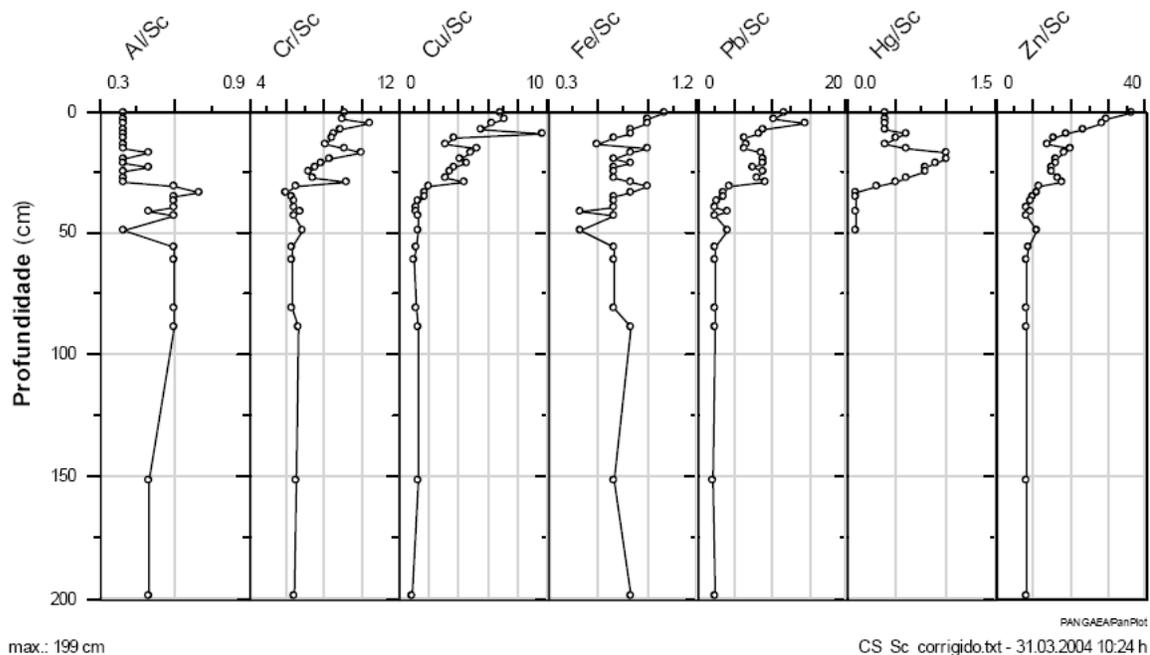


Figura 3 - Níveis de metais normalizados pelo Sc em função da profundidade no testemunho coletado na região onde ocorrerá a atividade de dragagem.

Observa-se assim que, em vista dos resultados obtidos e, considerando-se os dados normalizados pelo Sc, verifica-se um incremento para a maioria dos teores de metais analisados, com exceção do



alumínio, entre a profundidade de 29cm e a superfície, com uma progressão deste incremento a partir da profundidade de 60cm. Nota-se também que, abaixo desta profundidade os valores de concentrações permanecem praticamente inalterados, ressaltando-se assim a possibilidade de extrapolação dos resultados obtidos até 5m pelo atual trabalho para a cota de dragagem de 15m.

Outro trabalho cujos resultados também demonstram este perfil de variação foi desenvolvido por Martins (2005), cujo objetivo foi determinar as concentrações de hidrocarbonetos marcadores geoquímicos em sedimentos, de diferentes seções de testemunhos coletados no sistema estuarino de Santos e São Vicente e, com os dados obtidos, traçar o histórico da introdução destes compostos, a fim de obter um panorama da poluição decorrente da ocupação urbano-industrial desta região nos últimos 100 anos.

Neste trabalho foram realizadas amostragem de testemunhos em quatro regiões, sendo que uma delas, denominada de CQ1, localiza-se no rio Casqueiro no sopé do morro que abriga o lixão da Alemoa, próximo aos locais de amostragem do presente estudo. A coluna sedimentar consiste de seções contínuas de 2cm entre 0 e 40cm e de 20 entre 40 e 280cm.

A Figura 4 a seguir mostra os perfis obtidos de concentrações de HPA juntamente com a datação realizada pelo método do carbonato.

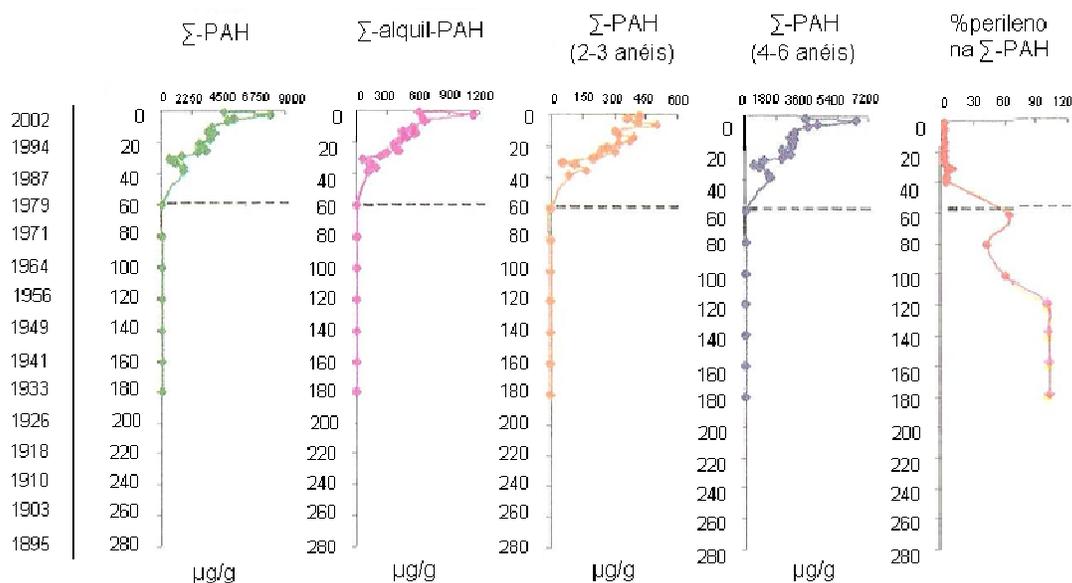
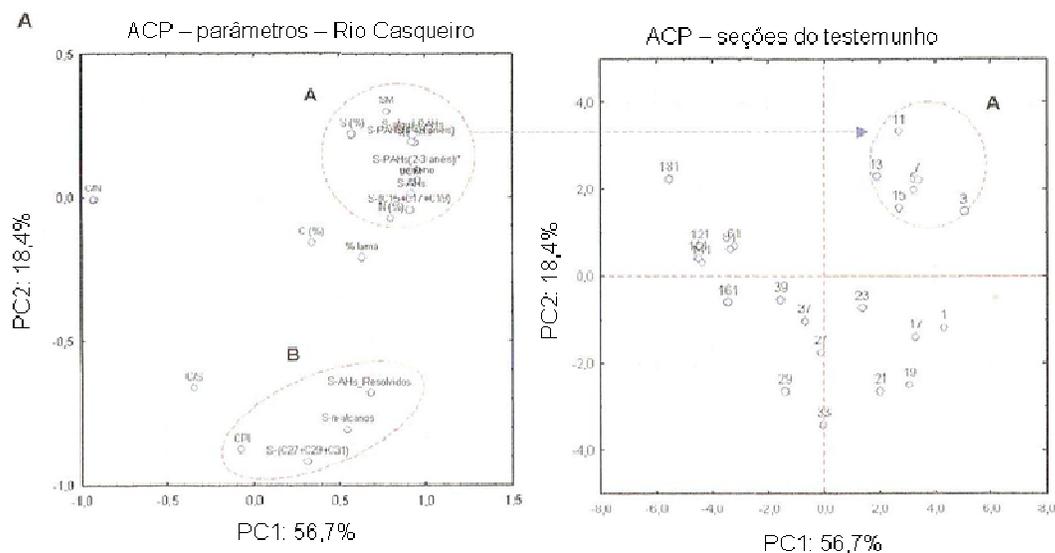


Figura 4 - Perfis verticais dos parâmetros relacionados aos HPA no testemunho CQ1.

O estudo conclui que estes perfis indicam dois intervalos distintos de variações, sendo que a profundidade de 60 cm marca a divisão entre estes dois intervalos. A implantação do lixão da Alemoa, na década de 70 explica o aumento das concentrações dos parâmetros envolvendo os hidrocarbonetos entre 60 cm e o topo deste testemunho. Ainda, outro fator que explica esta variação está relacionado ao auge da expansão do pólo industrial de Cubatão, justamente a partir de 1970. Cabe ressaltar que esta mesma variação também foi obtida pelo estudo desenvolvido por Fukomoto (2007), anteriormente demonstrado.



O estudo de Martins (2005) também fez um tratamento estatístico através da análise por componentes principais (ACP), permitindo assim separar grupos de variáveis que mais se correlacionam entre si dentro do conjunto total de parâmetros analisados, além de indicar as amostras que mais se relacionam a um conjunto de variáveis. A Figura 5 a seguir, mostra os resultados obtidos para este tratamento.



**Figura 5 - Análise de ordenação por componentes principais (ACP) envolvendo todos os parâmetros analisados e o testemunho coletado.**

A ordenação das seções deste testemunho mostrou a presença de um grupo de amostras fortemente relacionado com as variáveis do grupo A ( $\Sigma$ -HPA,  $\Sigma$ -alquil-HPA,  $\Sigma$ -HPA (2-3 anéis),  $\Sigma$ -HPA (4-6 anéis)) e, portanto, associadas ao aporte antrópico de hidrocarbonetos, sendo que foi observada uma associação aos sedimentos mais recentes (3 até 15cm), confirmando a distribuição dos perfis destes parâmetros.

O porto de Santos foi inaugurado em 1882, e por meio da datação realizada por Martins (2005), observa-se que o sedimento correspondente a este período encontra-se a 280cm de profundidade, ou seja, fazendo uma correlação com este estudo atual de caracterização dos sedimento, pode-se afirmar que os resultados obtidos nos sedimentos provenientes da profundidade de 5m podem ser extrapolados para a cota de dragagem, ou seja, 15m.

### 3.2. SEDIMENTO SUPERFICIAL

Os sedimentos superficiais foram coletados com auxílio de um amostrador de fundo tipo *Van Veen* (Figura 6) construído em aço inoxidável, com capacidade para coletar no máximo 25cm de profundidade. Este equipamento é constituído de duas conchas articuladas presas por uma dobradiça, sendo que estas descem abertas e, ao tocar o sedimento, o sistema de travas é liberado



por meio de um peso de metal, conhecido como “mensageiro”, o qual é lançado da superfície, fechando assim o equipamento e coletando o material do fundo.



**Figura 6 - Draga do tipo Van Veen utilizada para coleta de sedimento superficial**

As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos, previamente limpos, fornecidos pelo laboratório responsável pelas análises, sendo que os mesmos 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. As amostras foram enviadas para análise, juntamente com as respectivas cadeias de custódia preenchidas de forma a atender o tempo de preservação (*holding time*) de cada análise (Anexo 3).

### 3.3. SEDIMENTO SUB-SUPERFICIAL

Para as coletas de sedimento sub-superficial, a amostragem foi realizada por meio de um sistema acoplado sob uma plataforma fixa entre duas embarcações (Figura 7). A amostragem consiste na inserção de um tubo de alumínio no sedimento até a profundidade desejada, utilizando-se um sistema de bate-estaca na extremidade superior, permitindo assim, a coleta de colunas indeformadas de sedimento também chamadas de “testemunhos”.



**Figura 7 - Sistema de bate estaca para a inserção do tubo de amostragem e sistema de roldanas para retirada do mesmo do sedimento.**

Após, o “testemunho” é içado por um sistema de roldanas e ainda dentro da embarcação, as amostras são retiradas do tubo coletor e colocadas em bandejas para homogeneização e realização das medidas dos parâmetros físico-químicos. Posteriormente, também são acondicionadas em frascos previamente limpos, fornecidos pelo laboratório responsável pelas análises, e armazenadas em caixas térmicas com gelo para manter a temperatura a  $4 \pm 2$  até o envio ao laboratório.

### 3.4. ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas e físicas realizadas nas amostras de sedimento seguiram o proposto pela Resolução CONAMA 344/04, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras.

Os parâmetros analisados foram:

- Granulometria (7 frações)
- Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)
- Bifenilas policloradas (PCB)
- Metais pesados e arsênio
- Enxofre
- Nitrogênio e fósforo totais
- Carbono orgânico total



### 3.5. MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS *IN-SITU*

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

1º dia (27/05/08)

- Potencial Redox ( $E_H$ ): eletrodo portátil HANNA, modelo HI98120
- pH: DIGIMED – Mod. DM-2

2º dia (28/05/08)

- Potencial Redox ( $E_H$ ): eletrodo portátil HANNA, modelo HI98120
- pH: eletrodo portátil HANNA, modelo HI98127

Todos os equipamentos de medição foram calibrados conforme procedimento específico apresentado no Anexo 4. Tais calibrações são realizadas previamente ao início dos trabalhos de campo e a cada 20 amostras, e ainda quando são observados resultados anômalos.

### 3.6. ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

Utilizando-se também de uma draga do tipo *Van Veen*, foram coletadas amostras de sedimento superficial para a realização de ensaios ecotoxicológicos com a fração total. As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e alocadas em caixas térmicas contendo gelo, para manter a temperatura em  $4^{\circ}\text{C} \pm 2$  desde o momento da coleta até o envio para o laboratório responsável pelas análises.

Foram realizados ensaios com exposição de anfípodas marinhos da espécie *Leptocheirus plumulosus*, sendo que a metodologia utilizada para a execução do teste segue os procedimentos recomendados pela USEPA (1994).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. MEDIDAS FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS *IN-SITU*

Os laudos analíticos referentes às análises realizadas encontram-se no Anexo 5.

Os resultados obtidos das medidas físico-químicas realizadas *in-situ* tanto para as amostras de sedimento superficial e sub-superficial estão apresentados na Tabela 4 a seguir.



Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos realizados *in-situ* para as amostras de sedimento superficial e sub-superficial

Ponto amostral	Amostra	pH	E <sub>H</sub> (mV)	Temp (°C)
PS-01	PS-1	7,9	-105	25,6
	PS-1 P1	7,2	-224	27,1
	PS-1 P2	7,0	-288	27,3
	PS-1 P3	7,1	-304	29,2
PS-02	PS-2	7,6	-92	28,6
	PS-2 P1	7,5	-247	29,2
	PS-2 P2	7,1	-310	25
	PS-2 P3	7,2	-297	25,2
PS-03	PS-3	7,8	-132	26,7
	PS-3 P1	7,3	-368	24,7
	PS-3 P2	6,8	-325	25,7
	PS-3 P3	6,8	-308	25,1
PS04	PS-4	7,8	-115	26,3
	PS-4 P1	7,3	-124	27,7
	PS-4 P2	7,2	-202	24,8
	PS-4 P3	6,9	-157	24
	PS-4 P4	7,0	-108	24,3
	PS-4 P5	7,0	-151	24,3
PS-05	PS-5	7,8	-88	25,1
	PS-5 P1	7,2	-300	23,5
	PS-5 P2	6,5	-110	23,4
	PS-5 P3	6,9	-280	22,9
PS-06	PS-6	7,9	-102	25,1
	PS-6 P1	7,8	-213	23,6
	PS-6 P2	7,6	-85	22,7
	PS-6 P3	7,7	-283	21,3
PS-07	PS-7	7,7	-127	26,1
	PS-7 P1	8,0	-110	23,9
	PS-7 P2	7,9	-95	27
	PS-7 P3	7,9	-88	25,4
PS-08	PS-8	7,7	-50	28,8
	PS-8 P1	7,9	-117	28
	PS-8 P2	7,6	-226	25,7
	PS-8 P3	7,7	-182	24,9
PS-09	PS-9	7,7	-139	24,5
	PS-9 P1	8,3	-127	26,3
	PS-9 P2	8,3	-108	25,2
	PS-9 P3	7,9	-321	25,3
PS-10	PS-10	7,8	-119	26,1
	PS-10 P1	8,2	-330	25,7
	PS-10 P2	7,9	-106	24,4
	PS-10 P3	8,0	-213	24,4

O pH é um importante parâmetro a ser determinado pelo fato do mesmo ser controlador tanto para especiação como para o equilíbrio de muitas espécies químicas, tais como sulfetos, amônia, cianetos, metais e todas aquelas que se ionizam sob sua influência. 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 (íon 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 6,5 e 8,3, podendo-se inferir a baixa probabilidade de liberação de amônia ou de contaminantes que estejam adsorvidos na fração fina, principalmente metais, para a coluna d'água.

Os valores obtidos de  $E_H$  refletem as características de um ambiente anóxico, natural de áreas estuarinas com sedimentos ricos em matéria orgânica com grande atividade microbiológica, sendo que em algumas amostras os valores chegaram a aproximadamente -370 mV (PS-3 P1). Nota-se também, que os sedimentos em profundidade, para a maioria dos pontos amostrais, demonstraram ser mais reduzidos que os superficiais, resultados estes esperados em virtude do contato dos sedimentos superficiais com a coluna d'água assim como uma maior remobilização por ressuspensão ocasionada pelo tráfego de pequenas embarcações de atividade pesqueira, atrelado ao fato da baixa profundidade da coluna d'água. Assim, estes sedimentos são conseqüentemente mais oxidados.

Segundo Baird (2002), ambientes com características reduzidas podem conter concentrações significativas de íons sulfetos ( $\text{S}_2^-$ ), 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 os sedimentos anóxicos podem sofrer nova quelação.

Assim sendo, as concentrações encontradas de enxofre no compartimento de fundo para os canais de Santos e São Vicente confirmam o fato que há uma forte predominância de um regime redutor nos sedimentos para esses setores (Siqueira *et al.*, 2006). Também segundo os citados autores, dadas às condições redutoras encontradas nos sedimentos dessas áreas, é provável que o aumento de enxofre seja decorrente da formação e acumulação de sulfeto, comum em áreas estuarinas circundadas de manguezais. Os sedimentos destes ambientes são anóxicos devido ao alto consumo de oxigênio durante a decomposição da matéria orgânica pela atividade das bactérias que passam a usar sulfato, cuja redução pode estar elevando a concentração de sulfeto nesse setor.



## 4.2. GRANULOMETRIA

Na Tabela 5 a seguir, são apresentados os resultados da análise granulométrica determinada para os sedimentos de cada ponto amostral coletado no entorno do futuro terminal.

Tabela 5 - Análise granulométrica das amostras de sedimento

Fração granulométrica (%)	PS-1				PS-2			
	PS-1	PS-1-P1	PS-1-P2	PS-1-P3	PS-2	PS-2-P1	PS-2-P2	PS-2-P3
Argila	22,3	37,0	53,1	60,8	14,3	22,9	49,6	61,4
Silte	15,1	12,5	17,8	25,9	9,4	15,2	22,2	25,6
Areia muito fina	19,8	14,6	14,9	8,1	24,3	6,0	14,0	7,2
Areia fina	40,0	21,5	8,0	27,3	45,3	32,4	9,2	23,3
Areia média	3,7	1,3	1,5	0,8	4,1	1,7	2,1	,07
Areia grossa	2,5	1,7	1,0	0,1	1,9	1,3	0,2	0,2
Areia muito grossa	1,3	0,3	0,1	0,7	1,2	0,1	0,1	1,6
Classificação textural	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa	Argila	Muito argilosa	Franco arenosa	Franco argilo arenosa	Argila	Muito argilosa
Fração granulométrica (%)	PS-3				PS-4			
	PS-3	PS-3-P1	PS-3-P2	PS-3-P3	PS-4	PS-4-P1	PS-4-P2	PS-4-P3
Argila	25,4	30,2	32,7	41,3	26,1	59,1	63,6	62,8
Silte	1,3	18,4	26,4	32	12,6	26,7	22,5	22,2
Areia muito fina	12,0	4,5	16,3	7,6	11,9	10,4	12,0	13,1
Areia fina	42,9	30,5	18,3	9,5	26,4	17,7	1,1	1,5
Areia média	2,1	1,5	1,9	1,0	2,6	0,9	0,3	0,4
Areia grossa	1,9	1,5	1,2	0,9	2,2	0,6	0,2	0,2
Areia muito grossa	1,1	1,8	1,0	0,2	1,2	1,5	0,1	0,1
Classificação textural	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa	Franco argilosa	Argila	Franco argilo arenosa	Argila	Muito argilosa	Muito argilosa
Fração granulométrica (%)	PS-4			PS-5				
	PS-4-P4	PS-4-P5	PS-5	PS-5-P1	PS-5-P2	PS-5-P3		
Argila	60,3	51,7	56,8	36,3	40,4	34,5		
Silte	18,2	20,2	23,9	16,8	19,1	18,3		
Areia muito fina	19,1	13,5	5,0	22,7	16,4	26,5		
Areia fina	2,9	12,8	30,0	19,4	17,7	14,6		
Areia média	0,4	0,4	2,2	0,7	1,3	1,3		
Areia grossa	0,3	0,3	2,1	1,2	1,7	1,3		
Areia muito grossa	0,2	1,2	0,7	1,9	1,1	0,5		
Classificação textural	Muito argilosa	Argila	Argila	Argilo arenosa	Argila	Franco argilo arenosa		
Fração granulométrica (%)	PS-6				PS-7			
	PS-6	PS-6-P1	PS-6-P2	PS-6-P3	PS-7	PS-7-P1	PS-7-P2	PS-7-P3
Argila	5,9	40,9	48,3	60,5	27,6	44,1	50,9	57,4
Silte	8,5	32,3	21,4	24,0	30,2	27,5	22,6	21,1
Areia muito fina	30,7	11,9	21,1	13,7	23,0	13,6	20,8	17,6
Areia fina	33,0	10,9	4,4	16,3	33,6	11,3	4,5	3,1
Areia média	1,9	1,1	0,8	0,4	1,5	1,9	0,7	0,5
Areia grossa	1,8	0,9	0,5	0,1	1,3	1,0	0,4	0,2
Areia muito grossa	0,7	0,3	0,0	0,9	0,5	0,5	0,1	0,1
Classificação textural	Areia franca	Argila	Argila	Muito argilosa	Franco argilosa	Argila	Argila	Argila



**Tabela 5 (continuação) - Análise granulométrica das amostras de sedimento**

Fração granulométrica (%)	PS-8				PS-9			
	PS-8	PS-8-P1	PS-8-P2	PS-8-P3	PS-9	PS-9-P1	PS-9-P2	PS-9-P3
Areia muito grossa	13,3	25,6	50,7	63,8	17,0	45,8	51,8	53,7
Areia grossa	9,1	12,9	18,5	25,2	13,1	34,3	32,0	31,6
Areia média	25,0	19,1	14,4	9,0	25,1	9,1	11,1	11,9
Areia fina	41,8	38,3	13,9	1,6	39,7	7,2	3,0	1,5
Areia muito fina	1,8	2,6	1,5	1,0	2,2	0,5	0,6	0,4
Silte	1,4	1,1	0,8	0,1	1,6	1,4	0,9	0,5
Argila	1,5	0,3	0,2	0,1	1,1	1,5	0,8	0,2
Classificação textural	Fanco arenosa	Franco argilo arenosa	Argila	Muito argilosa	Franco arenosa	Argila	Argila	Argila
Fração granulométrica (%)	PS-10							
	PS-10	PS-10-P1	PS-10-P2	PS-10-P3				
Argila	20,4	27,1	53,1	45,8				
Silte	15,7	21,2	33,7	34,0				
Areia muito fina	19,6	18,8	5,4	16,5				
Areia fina	32,9	15,2	3,0	1,3				
Areia média	2,9	2,1	1,0	0,5				
Areia grossa	1,7	1,8	1,9	0,3				
Areia muito grossa	2,5	2,3	0,2	0,0				
Classificação textural	Franco argilo arenosa	Franco argilo arenosa	Argila	Argila				

De uma forma geral, a análise granulométrica demonstrou que os sedimentos oriundos dos pontos amostrais do futuro terminal marítimo da Alemos, 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.

#### 4.3. CARBONO ORGÂNICO TOTAL, NITROGÊNIO KJHELDAL TOTAL E FÓSFORO TOTAL (C, NKT, S E P)

Na Tabela 6 a seguir, são apresentados os resultados do carbono orgânico total, nitrogênio Kjeldal total e fósforo total determinados para os sedimentos de cada ponto amostral coletado no entorno do futuro terminal.

**Tabela 6 - Resultados das análises de nutrientes das amostras de sedimento**

Nutrientes	CONAMA 344	PS-1	PS-01-P1	PS-1-P2	PS-1-P3	PS-2	PS-2-P1
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	895	318	759	797	438	645
Carbono Orgânico Total (%)	10	1,3	1,3	1,1	0,99	1,6	1,6
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	405	248	472	360	159	305



**Tabela 6 (continuação) - Resultados das análises de nutrientes das amostras de sedimento**

Nutrientes	CONAMA 344	PS-2-P2	PS-2-P3	PS-3	PS-3-P1	PS-3-P2	PS-3-P3
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	658	998	613	623	542	542
Carbono Orgânico Total (%)	10	0,89	1,0	1,5	1,8	1,8	4,0
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	425	549	311	913	602	553
Nutrientes	CONAMA 344	PS-4	PS-4-P1	PS-4-P2	PS-4-P3	PS-4-P4	PS-4-P5
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	809	396	803	522	757	739
Carbono Orgânico Total (%)	10	1,2	1,4	1,6	0,9	0,72	0,93
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	238	332	39	43	434	26
Nutrientes	CONAMA 344	PS-5	PS-5-P1	PS-5-P2	PS-5-P3	PS-6	PS-6-P1
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	976	628	666	747	384	866
Carbono Orgânico Total (%)	10	1,6	1,6	2,0	2,5	1,1	1,6
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	51	54	56	303	101	425
Nutrientes	CONAMA 344	PS-6-P2	PS-6-P3	PS-7	PS-7-P1	PS-7-P2	PS-7-P3
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	477	771	609	576	639	734
Carbono Orgânico Total (%)	10	0,97	0,96	1,4	1,9	1,9	1,4
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	505	665	395	668	1000	1223
Nutrientes	CONAMA 344	PS-8	PS-8-P1	PS-8-P2	PS-8-P3	PS-9	PS-9-P1
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	462	536	735	681	532	864
Carbono Orgânico Total (%)	10	1,0	1,2	1,1	1,3	1,9	2,6
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	192	321	1028	2009	158	428
Nutrientes	CONAMA 344	PS-9-P2	PS-9-P3	PS-10	PS-10-P1	PS-10-P2	PS-10-P3
	Valor alerta						
Fósforo total (mg/kg)	2000	656	701	670	731	842	487
Carbono Orgânico Total (%)	10	2,7	1,8	1,0	2,6	1,1	0,8
Nitrogênio Kjeldahl total (mg/kg)	4800	40,9	67,3	174	238	96	109

Para o caso dos nutrientes, não foram obtidas concentrações que ultrapassassem os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 344/04.

#### 4.4. METAIS E SEMI-METAIS

Na Tabela 7 a seguir, são apresentados os resultados da análise de metais e semi-metais determinados para os sedimentos de cada ponto amostral coletado no entorno do futuro terminal.

**Tabela 7 - Resultados das análises de metais e semi metais das amostras de sedimento**

Metais e semi-metais (mg/Kg)	CONAMA 344/04		PS-1	PS-01-P1	PS-1-P2	PS-1-P3	PS-2	PS-2-P1	PS-2-P2
	Nível 1	Nível 2							
Arsênio	8,2	70	< 0,55	< 0,390	< 0,336	< 0,397	< 0,390	< 0,421	< 0,355
Cádmio	1,2	9,6	< 3,47	< 2,46	< 2,12	< 2,51	< 2,46	< 2,65	< 2,24
Chumbo	46,7	218	< 2,96	< 2,10	< 1,81	< 2,14	< 2,10	< 2,26	< 1,91
Cobre	34	270	< 4,87	< 3,45	< 2,97	< 3,52	< 3,45	< 3,72	< 3,14
Cromo	81	370	37,3	31,0	27,5	37,6	12,9	22,7	32,0
Mercúrio	0,15	0,71	< 0,36	< 0,267	< 0,244	< 0,267	< 0,258	< 0,278	< 0,258
Níquel	20,9	51,6	15,2	12,0	10,6	14,0	< 2,40	9,0	12,2
Zinco	150	410	60,0	37,1	34,0	44,6	27,0	27,3	40,8



Tabela 7 (continuação) - Resultados das análises de metais e semi metais das amostras de sedimento

Metais e semi-metals (mg/Kg)	CONAMA 344/04		PS-2-P3	PS-3	PS-3-P1	PS-3-P2	PS-3-P3	PS-4	PS-4-P1
	Nível 1	Nível 2							
Arsênio	8,2	70	< 0,362	< 0,345	< 0,405	< 0,439	< 0,455	< 0,54	< 0,452
Cádmio	1,2	9,6	< 2,28	< 2,17	< 2,55	< 2,77	< 2,87	< 3,41	< 2,85
Chumbo	46,7	218	< 1,95	< 1,86	< 2,08	< 2,36	< 2,45	< 2,91	< 2,44
Cobre	34	270	< 3,20	6,9	7,9	8,5	< 4,03	10,4	< 4,00
Cromo	81	370	36,5	25,4	23,1	35,5	37,5	29,7	37,3
Mercúrio	0,15	0,71	< 0,253	< 0,236	< 0,273	< 0,295	< 0,295	< 0,36	< 0,283
Níquel	20,9	51,6	13,7	9,9	9,8	< 2,70	11,2	12,0	14,3
Zinco	150	410	46,2	34,0	37,8	44,4	35,4	49,9	45,1
Metais e semi-metals (mg/Kg)	CONAMA 344/04		PS-4-P2	PS-4-P3	PS-4-P4	PS-4-P5	PS-5	PS-5-P1	PS-5-P2
	Nível 1	Nível 2							
Arsênio	8,2	70	< 0,383	< 0,421	< 0,430	< 0,431	< 0,52	< 0,451	< 1,65
Cádmio	1,2	9,6	< 2,41	< 2,65	< 2,71	< 2,72	< 3,26	< 2,84	< 10,4
Chumbo	46,7	218	< 2,08	< 2,26	< 2,31	13,1	< 2,78	< 2,43	< 8,9
Cobre	34	270	< 3,38	< 3,72	< 3,80	6,41	9,6	11,0	51,1
Cromo	81	370	33,5	33,8	39,9	43,2	44,6	35,8	123
Mercúrio	0,15	0,71	< 0,273	< 0,278	< 0,289	< 0,295	< 0,35	< 0,315	< 0,278
Níquel	20,9	51,6	13,2	13,3	15,1	16,1	17,4	14,5	52,4
Zinco	150	410	42,2	41,7	49,7	51,1	58,9	45,5	184
Metais e semi-metals (mg/Kg)	CONAMA 344/04		PS-5-P3	PS-6	PS-6-P1	PS-6-P2	PS-6-P3	PS-7	PS-7-P1
	Nível 1	Nível 2							
Arsênio	8,2	70	< 0,483	< 0,328	< 0,464	< 0,383	< 0,368	< 0,445	< 0,383
Cádmio	1,2	9,6	< 3,05	< 2,07	< 2,93	< 2,41	< 2,32	< 2,80	< 2,42
Chumbo	46,7	218	< 2,60	< 1,77	< 2,50	< 2,06	< 1,98	< 2,39	< 2,06
Cobre	34	270	14,1	< 2,90	8,95	< 3,38	< 3,25	< 3,93	< 3,39
Cromo	81	370	32,2	10,3	40,7	40,0	37,6	30,2	29
Mercúrio	0,15	0,71	ND	< 0,205	< 0,34	< 0,267	< 0,267	< 0,283	< 0,258
Níquel	20,9	51,6	14,1	< 2,02	16,2	15,4	14,4	12,5	< 2,36
Zinco	150	410	52,2	20,3	52,3	46,8	45,6	46,5	38
Metais e semi-metals (mg/Kg)	CONAMA 344/04		PS-7-P2	PS-7-P3	PS-8	PS-8-P1	PS-8-P2	PS-8-P3	PS-9
	Nível 1	Nível 2							
Arsênio	8,2	70	< 0,368	< 0,375	< 0,345	< 0,350	< 0,430	< 0,429	< 0,422
Cádmio	1,2	9,6	< 2,32	< 2,37	< 2,17	< 2,21	< 2,71	< 2,71	< 2,66
Chumbo	46,7	218	< 1,98	< 2,02	< 1,86	< 1,88	< 2,31	< 2,31	< 2,27
Cobre	34	270	< 3,26	< 3,32	< 3,05	< 3,09	< 3,80	< 3,80	< 3,73
Cromo	81	370	32,3	34,4	15,8	25,8	38,4	39,6	16,4
Mercúrio	0,15	0,71	< 0,262	< 0,273	< 0,236	< 0,244	< 0,289	< 0,283	< 0,258
Níquel	20,9	51,6	12,7	13,6	6,1	10,4	15,3	2,64	7,34
Zinco	150	410	38,9	41,3	23,3	31,1	48,1	47,5	27,6



Tabela 7 (continuação) - Resultados das análises de metais e semi metais das amostras de sedimento

Metais e semi-metais (mg/Kg)	CONAMA 344/04		PS-9-P1	PS-9-P2	PS-9-P3	PS-10	PS-10-P1	PS-10-P2	PS-10-P3
	Nível 1	Nível 2							
Arsênio	8,2	70	< 0,415	< 0,383	< 0,390	< 0,432	< 0,399	< 0,368	< 0,325
Cádmio	1,2	9,6	< 2,62	< 2,41	< 2,46	< 2,73	< 2,52	< 2,32	< 2,05
Chumbo	46,7	218	< 2,23	< 2,06	< 2,10	11,4	11,6	< 1,98	< 1,75
Cobre	34	270	8,40	< 3,38	< 3,45	10,1	8,8	< 3,25	< 2,88
Cromo	81	370	37,6	30,0	34,8	28,2	34,4	34,0	40,0
Mercúrio	0,15	0,71	< 0,302	< 0,267	< 0,273	< 0,314	< 0,290	< 0,267	< 0,326
Níquel	20,9	51,6	15,3	11,8	13,8	12,1	14,8	13,4	13,0
Zinco	150	410	49,8	37,2	49,8	49,0	50,8	44,7	45,2

Dentre todos os metais e semi-metais analisados, somente no ponto PS-4 na profundidade entre 1 e 2 m foram obtidas concentrações de cobre, cromo, níquel e zinco acima de nível 1.

#### 4.5. BIFENILAS POLICLORADAS (PCB)

Na Tabela 8 a seguir, são apresentados os resultados da análise de bifenilas policloradas determinados para os sedimentos de cada ponto amostral coletado no entorno do futuro terminal.

Tabela 8 - Resultados das análises de bifenilas policloradas das amostras de sedimento

PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-1	PS-01-P1	PS-1-P2	PS-1-P3	PS-2	PS-2-P1
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq
PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-2-P2	PS-2-P3	PS-3	PS-3-P1	PS-3-P2	PS-3-P3
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq

**Tabela 8 (continuação) - Resultados das análises de bifenilas policloradas das amostras de sedimento**

PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-4	PS-4-P1	PS-4-P2	PS-4-P3	PS-4-P4	PS-4-P5
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq
PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-5	PS-5-P1	PS-5-P2	PS-5-P3	PS-6	PS-6-P1
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,067	< 0,143
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq
PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-6-P2	PS-6-P3	PS-7	PS-7-P1	PS-7-P2	PS-7-P3
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq
PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-8	PS-8-P1	PS-8-P2	PS-8-P3	PS-9	PS-9-P1
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq

**Tabela 8 (continuação) - Resultados das análises de bifenilas policloradas das amostras de sedimento**

PCB (ug/kg)	CONAMA 344/04		PS-9-P2	PS-9-P3	PS-10	PS-10-P1	PS-10-P2	PS-10-P3
	Nível1	Nível 2						
2,4,4-triclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
2,2,5,5-tetraclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil			< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
PCBs total	22,7	180	nq	nq	nq	nq	nq	nq

nq = não quantificável

Nenhuma das sete bifenilas analisadas foi quantificada para as amostras de sedimento.

#### 4.6. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPA)

Na Tabela 9 a seguir, são apresentados os resultados da análise dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos determinados para os sedimentos de cada ponto amostral coletado no entorno do futuro terminal.

**Tabela 9 - Resultados das análises de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos das amostras de sedimento**

HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-1	PS-01-P1	PS-1-P2	PS-1-P3	PS-2	PS-2-P1
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
2-metilnaftaleno	70	670	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Acenaftileno	44	640	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Acenafteno	16	500	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Fluoreno	19	540	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Fenantreno	240	1500	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Antraceno	85,3	1100	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Fluoranteno	600	5100	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Pireno	665	2600	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Criseno	108	846	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 10,92	< 10,35	< 11,33	< 11,77	< 10,01	< 10,92
PAH TOTAL	3000		nq	nq	nq	nq	nq	nq



**Tabela 9 (continuação) - Resultados das análises de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos das amostras de sedimento**

HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-2-P2	PS-2-P3	PS-3	PS-3-P1	PS-3-P2	PS-3-P3
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 10,72	< 11,55	100,6	< 12,51	< 12,51	56,3
2-metilnaftaleno	70	670	< 10,72	< 11,55	64,2	< 12,51	< 12,51	50,7
Acenaftileno	44	640	< 10,72	< 11,55	< 15,39	< 12,51	< 12,51	< 12,01
Acenafteno	16	500	< 10,72	< 11,55	< 15,39	< 12,51	< 12,51	< 12,01
Fluoreno	19	540	< 10,72	< 11,55	< 15,39	< 12,51	< 12,51	< 12,01
Fenantreno	240	1500	< 10,72	< 11,55	< 15,39	< 12,51	< 12,51	< 12,01
Antraceno	85,3	1100	< 10,72	< 11,55	< 15,39	< 12,51	< 12,51	< 12,01
Fluoranteno	600	5100	< 10,72	< 11,55	< 15,39	27,4	< 12,51	< 12,01
Pireno	665	2600	< 10,72	< 11,55	< 15,39	38,8	< 12,51	< 12,01
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 10,72	< 11,55	< 15,39	16,1	< 12,51	< 12,01
Criseno	108	846	< 10,72	< 11,55	< 15,39	22,1	< 12,51	< 12,01
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 10,72	< 11,55	< 15,39	28,9	< 12,51	< 12,01
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 10,72	< 11,55	< 15,39	< 12,51	< 12,51	< 12,01
PAH TOTAL	3000		nq	nq	165	133	nq	107
HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-4	PS-4-P1	PS-4-P2	PS-4-P3	PS-4-P4	PS-4-P5
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
2-metilnaftaleno	70	670	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Acenaftileno	44	640	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Acenafteno	16	500	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Fluoreno	19	540	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Fenantreno	240	1500	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Antraceno	85,3	1100	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Fluoranteno	600	5100	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Pireno	665	2600	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Criseno	108	846	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 15,39	< 15,39	< 11,55	< 11,77	< 12,25	< 12,51
PAH TOTAL	3000		nq	nq	nq	nq	nq	nq



**Tabela 9 (continuação) - Resultados das análises de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos das amostras de sedimento**

HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-5	PS-5-P1	PS-5-P2	PS-5-P3	PS-6	PS-6-P1
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
2-metilnaftaleno	70	670	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Acenaftileno	44	640	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Acenafteno	16	500	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Fluoreno	19	540	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Fenantreno	240	1500	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Antraceno	85,3	1100	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Fluoranteno	600	5100	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Pireno	665	2600	< 15,01	42,9	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Criseno	108	846	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 15,01	42,1	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 15,01	< 13,34	< 11,77	< 13,05	< 8,70	< 14,29
PAH TOTAL	3000		nq	85	nq	nq	nq	nq
HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-6-P2	PS-6-P3	PS-7	PS-7-P1	PS-7-P2	PS-7-P3
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
2-metilnaftaleno	70	670	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Acenaftileno	44	640	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Acenafteno	16	500	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Fluoreno	19	540	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Fenantreno	240	1500	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Antraceno	85,3	1100	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Fluoranteno	600	5100	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Pireno	665	2600	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Criseno	108	846	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 11,33	< 11,33	< 12,01	< 10,82	< 11,12	< 11,55
PAH TOTAL	3000		nq	nq	nq	nq	nq	nq



**Tabela 9 (continuação) - Resultados das análises de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos das amostras de sedimento**

HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-8	PS-8-P1	PS-8-P2	PS-8-P3	PS-9	PS-9-P1
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
2-metilnaftaleno	70	670	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Acenaftileno	44	640	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Acenafteno	16	500	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Fluoreno	19	540	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Fenantreno	240	1500	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Antraceno	85,3	1100	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Fluoranteno	600	5100	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Pireno	665	2600	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Criseno	108	846	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 10,01	< 10,35	< 12,25	< 12,01	< 10,92	< 12,77
PAH TOTAL	3000		nq	nq	nq	nq	nq	nq
HPA (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-9-P2	PS-9-P3	PS-10	PS-10-P1	PS-10-P2	PS-10-P3
	Nível 1	Nível 2						
Naftaleno	160	2100	< 11,33	< 11,55	< 12,25	< 12,25	< 11,33	< 10,01
2-metilnaftaleno	70	670	< 11,33	< 11,55	< 10,25	35,6	< 11,33	< 10,01
Acenaftileno	44	640	< 11,33	< 11,55	< 10,25	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Acenafteno	16	500	< 11,33	< 11,55	< 10,25	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Fluoreno	19	540	< 11,33	< 11,55	< 10,25	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Fenantreno	240	1500	< 11,33	< 11,55	22,3	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Antraceno	85,3	1100	< 11,33	< 11,55	< 10,25	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Fluoranteno	600	5100	< 11,33	< 11,55	28,6	14,3	< 11,33	< 10,01
Pireno	665	2600	< 11,33	< 11,55	49,6	41,3	< 11,33	< 10,01
Benzo(a)antraceno	74,8	693	< 11,33	< 11,55	< 10,25	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Criseno	108	846	< 11,33	< 11,55	21,3	< 10,25	< 11,33	< 10,01
Benzo(a)pireno	88,8	763	< 11,33	< 11,55	15,6	13,8	< 11,33	< 10,01
Dibenzo(a,h)antraceno	6,22	135	< 11,33	< 11,55	< 10,25	< 10,25	< 11,33	< 10,01
PAH TOTAL	3000		nq	nq	137,4	105	nq	nq

nq = não quantificável

Para esta classe de compostos, também não foram obtidas concentrações acima dos respectivos valores orientadores da CONAMA 344/04.



#### 4.7. PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (POC)

Na Tabela 10 a seguir, são apresentados os resultados da análise de pesticidas organoclorados determinados para os sedimentos de cada ponto amostral coletado no entorno do futuro terminal.

Tabela 10 - Resultados das análises de pesticidas organoclorados das amostras de sedimento

Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-1	PS-01-P1	PS-1-P2	PS-1-P3	PS-2	PS-2-P1
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
DDE	2,07	374	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
Endrin	2,67	62,4	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
DDD	1,22	7,81	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
DDT	1,19	4,77	< 0,109	< 0,103	< 0,113	< 0,118	< 0,100	< 0,109
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-2-P2	PS-2-P3	PS-3	PS-3-P1	PS-3-P2	PS-3-P3
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
DDE	2,07	374	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
Endrin	2,67	62,4	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
DDD	1,22	7,81	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
DDT	1,19	4,77	< 0,107	< 0,115	< 0,154	< 0,125	< 0,125	< 0,120
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-4	PS-4-P1	PS-4-P2	PS-4-P3	PS-4-P4	PS-4-P5
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
DDE	2,07	374	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
Endrin	2,67	62,4	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
DDD	1,22	7,81	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125
DDT	1,19	4,77	< 0,154	< 0,154	< 0,115	< 0,118	< 0,122	< 0,125



Tabela 10 (continuação) - Resultados das análises de pesticidas organoclorados das amostras de sedimento

Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-5	PS-5-P1	PS-5-P2	PS-5-P3	PS-6	PS-6-P1
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
DDE	2,07	374	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
Endrin	2,67	62,4	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
DDD	1,22	7,81	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
DDT	1,19	4,77	< 0,150	< 0,133	< 0,118	< 0,130	< 0,087	< 0,143
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-6-P2	PS-6-P3	PS-7	PS-7-P1	PS-7-P2	PS-7-P3
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
DDE	2,07	374	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
Endrin	2,67	62,4	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
DDD	1,22	7,81	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
DDT	1,19	4,77	< 0,113	< 0,113	< 0,120	< 0,109	< 0,111	< 0,115
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-8	PS-8-P1	PS-8-P2	PS-8-P3	PS-9	PS-9-P1
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
DDE	2,07	374	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
Endrin	2,67	62,4	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
DDD	1,22	7,81	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
DDT	1,19	4,77	< 0,100	< 0,103	< 0,122	< 0,120	< 0,109	< 0,128
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	CONAMA 344/04		PS-9-P2	PS-9-P3	PS-10	PS-10-P1	PS-10-P2	PS-10-P3
	Nível 1	Nível 2						
alfa-BHC	0,32	0,99	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
beta-BHC	0,32	0,99	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
gama-BHC (lindano)	0,32	0,99	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
delta-BHC	0,32	0,99	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
alfa-clordano	2,26	4,79	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
gama-clordano	2,26	4,79	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
DDE	2,07	374	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
Dieldrin	0,71	4,3	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
Endrin	2,67	62,4	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
DDD	1,22	7,81	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100
DDT	1,19	4,77	< 0,113	< 0,115	< 0,122	< 0,122	< 0,113	< 0,100



Levando-se em consideração os pesticidas organoclorados analisados, também não foram obtidas concentrações acima dos respectivos valores orientadores.

#### 4.8. ENSAIOS ECOTOXICOLÓGICOS

Na Tabela 11 a seguir, são apresentados os resultados dos ensaios toxicológicos agudo com o organismo *Leptocheirus plumulosos* obtidos para as amostras de sedimento superficial.

**Tabela 11 - Resultados dos ensaios toxicológicos para as amostras de sedimento superficial**

	PS-1	PS-2	PS-3	PS-4	PS-5	PS-6	PS-7	PS-8	PS-9	PS-10
% Mortalidade	18	16	18	10	20	12	14	16	16	8
Tóxico/Não Tóxico	não									
OD inicial	6,29	6,43	6,06	6,26	5,95	6,22	6,05	6,6	6,43	5,97
OD final	5,8	5,65	6,14	5,62	5,84	6,04	6,14	6,14	6,03	6,23
N. Amoniacal inicial	14,00	10,25	3,25	9,50	10,50	16,50	7,00	9,50	8,50	7,00
Amônia não ionizada inicial	0,324	0,297	0,070	0,230	0,260	0,437	0,198	0,246	0,230	0,166

Em todas as amostras analisadas, nenhuma delas apresentou toxicidade para o organismo avaliado.

#### 4.9. GARANTIA E CONTROLE DA QUALIDADE (QA/QC)

No processo de investigação de um local com indício 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 área em questão, preocupou-se desde o início do trabalho com o processo de aquisição de dados primários, ou seja, amostragem de sedimento e análises químicas, conforme apresentado nos itens a seguir.

##### 4.9.1 - Procedimentos de descontaminação

Dentre os diversos equipamentos utilizados nos trabalhos de campo desenvolvidos na área, 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 (áreas onde o equipamento foi utilizado anteriormente) e/ou interferências de locais mais contaminados para locais menos contaminados da área avaliada.

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



#### 4.9.2 - Controle de qualidade dos resultados obtidos

Com o intuito de obter resultados fidedignos para as amostras de sedimento 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:

- a. Branco do Método: é uma amostra de água destilada ou areia pura 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.
- b. 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.
- c. Surrogate – são traçadores adicionados às análises de compostos orgânicos (voláteis, PCBs, pesticidas organoclorados, semivoláteis). São compostos deuterados, bromados ou fluorados, com características químicas similares às dos analitos-alvo, mas não estão presentes em amostras ambientais. Os resultados de surrogate devem estar dentro dos critérios de controle de qualidade do laboratório para serem considerados aceitáveis, por meio de seus resultados é possível acessar exatidão por amostra e avaliar efeito de matriz na recuperação dos analitos-alvo.
- d. Material de referência (se aplicável) – trata-se de uma amostra real (para o projeto CPEA-645 foi utilizado o material de referência NIST), com concentração conhecida e certificada pela NIST (National Institute of Standards & Technology), nos Estados Unidos. Os resultados obtidos pelo laboratório devem estar dentro do intervalo apresentado no certificado. Os resultados do material de referência permitem acessar a exatidão analítica.
- e. Amostras MS/MSD (matrix spike/matrix spike duplicate) – uma amostra “matrix spike” (MS) é uma alíquota de uma amostra real, na qual é adicionada uma quantidade conhecida de analito-alvo; são analisadas para acessar o efeito ou exatidão da matriz da amostra nos resultados analíticos. “Matrix spike duplicate” (MSD) é uma segunda alíquota da mesma amostra utilizada como matrix Spike. Os resultados de MSD são comparados com os



resultados de MS para obter precisão. Neste trabalho, o laboratório preparou MS/MSD para as amostras de sedimento (PS-10 e PS-10-P1) em duplicata para os ensaios de PAH, PCB, pesticidas organoclorados (POC), metais e fósforo total.

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

A precisão pode ser definida como a concordância entre medidas de uma mesma amostra obtidas em um mesmo dia, nas mesmas condições de rotina (repetitividade) ou em dias diferentes, com condições variáveis, tais como analista, temperatura, calibração (reprodutibilidade). Esta foi obtida pela realização de análises de amostras em duplicata e MS/MSD.

Já 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, material de referência da NIST, surrogates e matrix spike.

E finalmente, pôde-se confirmar que não houve interferência na qualidade dos resultados obtidos nas amostras pela realização dos ensaios em provas de branco (de método e de campo).

#### 4.9.3 - Avaliação dos Resultados Obtidos nas Amostras de Controle de Qualidade

##### 1. Branco do método

Foi utilizada areia pura (para simular uma amostra de sedimento) como amostra de branco do método, sendo que esta foi processada juntamente com as amostras reais. As amostras para o branco foram analisadas pelos seguintes métodos:

- PAH: USEPA-SW846 método 8270C
- PCB: USEPA-SW846 método 8082
- Pesticidas organoclorados: USEPA-SW846 método 8081
- Metais: USEPA-SW846 método 6010C
- Fósforo total: USEPA-SW846 método 7471B

Os resultados analíticos das amostras de sedimento referentes ao branco do método encontram-se nos laudos analíticos (Anexo 5):

- Sedimento – Relatório de Ensaio LOG nº 11278A\_Rev.03, páginas 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 255, 256 e 257;



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 areia pura (para similar amostra de solo/sedimento), adicionou-se quantidade conhecida de analitos-alvo. Estas amostras foram processadas e analisadas juntamente com as amostras reais, assim como o branco do método. Nas Tabelas 12 a 16 são apresentados estes resultados. 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.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados obtidos para os hidrocarbonetos poliaromáticos nas amostras de controle de laboratório (spike). A análise foi realizada no laboratório Analytical Technology, seguindo o método de análise SW 846 USEPA 8270 b. Usou-se como referência para validação dos resultados os intervalos estabelecidos pelo laboratório e pelo documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005).

**Tabela 12 - Resultados obtidos na análise da amostra de controle de laboratório para compostos hidrocarbonetos poliaromáticos pelo método SW 846 US EPA 8270**

Compostos	LOG nº 11278A_Rev.03			Limite de Aceitação <sup>(1)</sup>
	% Recuperação (Injeção: 10/06/2008)	% Recuperação (Injeção: 09/06/2008)	% Recuperação (Injeção: 12/06/2008)	
Naftaleno	58,3	48,2	55,0	40-135
2-Metilnaftaleno	73,2	51,6	53,4	40-135
Acenaftileno	48,1	78,2	56,1	40-135
Acenafteno	46,9	77,5	53,0	40-135; 37-137 <sup>(2)</sup>
Fluoreno	65,5	70,9	57,2	40-135
Fenantreno	53,2	54,0	54,1	40-135
Antraceno	51,0	51,4	51,4	40-135
Fluoranteno	70,4	42,6	50,5	40-135
Pireno	116	112	72,1	40-135; 34-115 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	71,1	67,0	73,1	40-135
Criseno	85,1	113	41,4	40-135
Benzo(a)pireno	61,1	66,3	40,8	40-135
Dibenzo(a,h)antraceno	57,3	55,7	40,9	40-135

(1) Limites de controle estabelecidos pelo laboratório Analytical Technology

(2) US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2008)



Na Tabela 13 são apresentados os resultados obtidos para as bifenilas policloradas nas amostras de controle de laboratório (spike). A análise foi realizada no laboratório Analytical Technology, seguindo o método de análise SW 846 USEPA 8082. Usou-se como referência para validação dos resultados os intervalos estabelecidos pelo laboratório e pelo documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005).

**Tabela 13 - Resultados obtidos na análise da amostra de controle de laboratório para as bifenilas policloradas pelo método SW 846 US EPA 8082**

Compostos	LOG nº 11278A_Rev.03			Limite de Aceitação
	% Recuperação (Injeção: 09/06/2008)	% Recuperação (Injeção: 13/06/2008)	% Recuperação (Injeção: 15/06/2008)	
2,4,4'-Triclorobifenil	41,4	41,9	4,4	40-135
2,2',5,5'-Tetraclorobifenil	49,5	46,0	49,5	40-135
2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenil	48,0	43,7	48,0	40-135
2,3',4,4',5-Pentaclorobifenil	56,6	48,2	56,6	40-135
2,2',3,4,4',5'-Hexaclorobifenil	68,4	60,3	68,4	40-135
2,2',4,4',5,5'-Hexaclorobifenil	53,3	45,0	53,3	40-135
2,2',3,4,4',5,5'-Heptaclorobifenil	56,8	47,8	56,8	40-135

Na Tabela 14 são apresentados os resultados obtidos para os pesticidas organoclorados nas amostras de controle de laboratório (spike). A análise foi realizada no laboratório Analytical Technology, seguindo o método de análise SW 846 USEPA 8081. Usou-se como referência para validação dos resultados os intervalos estabelecidos pelo laboratório e pelo documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005).

**Tabela 14 - Resultados obtidos na análise da amostra de controle de laboratório para compostos pesticidas organoclorados pelos métodos SW 846 US EPA 8081**

Compostos	LOG nº 11278A_Rev.03			Limite de Aceitação <sup>(1)</sup>
	% Recuperação (Injeção: 09/06/2008)	% Recuperação (Injeção: 13/06/2008)	% Recuperação (Injeção: 15/06/2008)	
a-BHC	87,3	41,0	87,3	40-135
b-BHC	54,6	54,3	54,6	40-135
g-BHC (Lindano)	55,5	50,4	55,5	40-135; 46-127 <sup>(2)</sup>
d-BHC	55,3	54,3	55,3	40-135
a-Clordano	56,3	48,1	65,8	40-135
g-Clordano	56,0	46,5	48,1	40-135
4,4'-DDE	51,9	40,2	49,1	40-135
Dieldrin	50,7	59,8	56,3	40-135; 31-134 <sup>(2)</sup>
Endrin	80,0	65,3	53,9	40-135



4,4'-DDD	57,9	65,8	56,0	40-135
4,4'-DDT	54,4	58,3	51,9	40-135; 23-134 <sup>(2)</sup>

(1) Limites de controle estabelecidos pelo laboratório Analytical Technology

(2) US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2008)

Na Tabela 15 são apresentados os resultados obtidos para os metais e semi metais nas amostras de controle de laboratório (spike). A análise foi realizada no laboratório Analytical Technology, seguindo o método de análise SW 846 USEPA 6010B e 7471A (mercúrio). Usou-se como referência para validação dos resultados os intervalos estabelecidos pelo laboratório e pelo documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005).

**Tabela 15 - Resultados obtidos na análise da amostra de controle de laboratório para metais pelos métodos SW 846 US EPA 6010B e 7470A\*. Valores expressos em % de recuperação**

Compostos	LOG n° 11278A_Rev.03			Limite de Aceitação <sup>(1)</sup>
	% Recuperação (Análise: 23/06/2008)	% Recuperação (Análise: 23/06/2008)	% Recuperação (Análise: 23/06/2008)	
Arsênio	97,5	97,0	98,0	75-125
Cádmio	83,4	83,3	92,0	75-125
Chumbo	85,6	85,6	85,7	75-125
Cobre	81,5	80,5	92,5	75-125
Cromo	89,0	88,6	87,9	75-125
Mercúrio* <sup>(2)</sup>	90,0	83,4	107	75-125
Níquel	82,7	82,5	82,8	75-125
Zinco	86,2	84,9	85,2	75-125

(1) Limites de controle estabelecidos pelo laboratório Analytical Technology

(2) Data de análise: 24/06/2008

Na Tabela 16 são apresentados os resultados obtidos para fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total nas amostras de controle de laboratório (spike). A análise foi realizada no laboratório Analytical Technology, seguindo o método de análise SW 846 USEPA 6010C (fósforo total) e APHA 21st ED. Usou-se como referência para validação dos resultados os intervalos estabelecidos pelo próprio laboratório.

Compostos	LOG n° 11278A_Rev.03				Limite de Aceitação <sup>(1)</sup>
	% Recuperação (Análise: 23/06/2008)				
Fósforo total	92,5	92,1	95,7		75-125
Nitrogênio Kjeldahl total				102	75-125



### 3. Amostras MS/MSD

Foram eleitas as amostras de sedimento denominadas de PS-10 e PS-10-P1 para preparação das amostras MS/MSD (matrix spike/matrix spike duplicate). Estas amostras foram analisadas para hidrocarbonetos poliaromáticos, bifenilas policloradas, pesticidas organoclorados, metais e semi metais, fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total.

- HPA

Nas Tabelas 17 e 18 são apresentados os resultados obtidos dos hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA) para precisão, a partir do desvio-padrão relativo, e de exatidão, a partir da recuperação, nas amostras PS-10 e PS-10-P1. Usou-se como referência não somente os intervalos estabelecidos pelo laboratório, como também no documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005), comprovando a qualidade analítica e fidedignidade dos resultados.

**Tabela 17. Resultados de precisão e exatidão para HPA da amostra PS-10**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
Naftaleno	63,7	69,3	40-135	8,5	
2-Metilnaftaleno	75,6	83,5	40-135	10,0	
Acenaftileno	51,9	59,5	40-135	13,6	
Acenafteno	53,4	58,2	40-135; 37-137 <sup>(1)</sup>	8,6	0-19 <sup>(2)</sup>
Fluoreno	68,6	72,6	40-135	5,7	
Fenantreno	71,3	70,1	40-135	1,6	
Antraceno	67,5	64,3	40-135	4,8	
Fluoranteno	68,4	64,5	40-135	5,9	
Pireno	129	122	40-135; 34-115 <sup>(1)</sup>	5,0	0-36 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	66,1	75,5	40-135	13,2	
Criseno	84,1	83,2	40-135	1,1	
Benzo(a)pireno	70,3	65,6	40-135	6,8	
Dibenzo(a,h)antraceno	40,0	41,0	40-135	2,4	

(3) US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2008)



**Tabela 18. Resultados de precisão e exatidão para HPA da amostra PS-10-P1**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
Naftaleno	87,7	84,5	40-135	3,7	
2-Metilnaftaleno	99,5	98,4	40-135	1,1	
Acenaftileno	63,3	58,1	40-135	8,5	
Acenafteno	54,8	57,2	40-135	4,2	0-19 <sup>(2)</sup>
Fluoreno	68,0	74,2	40-135	8,7	
Fenantreno	56,2	61,4	40-135	8,8	
Antraceno	55,1	66,5	40-135	18,6	
Fluoranteno	55,2	62,3	40-135	12,1	
Pireno	135	117	40-135	14,0	0-36 <sup>(2)</sup>
Benzo(a)antraceno	69,3	75,9	40-135	9,0	
Criseno	78,8	89,0	40-135	12,1	
Benzo(a)pireno	69,4	70,5	40-135	1,6	
Dibenzo(a,h)antraceno	64,1	63,5	40-135	1,0	

(4) US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2008)

Nas Tabelas 19 e 20 são apresentados os resultados obtidos das bifenilas policloradas (PCB) para precisão, a partir do desvio-padrão relativo, e de exatidão, a partir da recuperação, nas amostras PS-10 e PS-10-P1. Usou-se como referência não somente os intervalos estabelecidos pelo laboratório, como também no documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005), comprovando a qualidade analítica e fidedignidade dos resultados.

**Tabela 19. Resultados de precisão e exatidão para PCB da amostra PS-10**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
2,4,4'-Tricolorobifenil	90,7	81,4	40-135	10,8	
2,2',5,5'-Tetraclorobifenil	91,0	82,1	40-135	10,2	
2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenil	87,7	77,2	40-135	12,7	
2,3',4,4',5-Pentaclorobifenil	91,3	75,0	40-135	19,6	
2,2',3,4,4',5'-Hexaclorobifenil	89,1	73,6	40-135	19,1	
2,2',4,4',5,5'-Hexaclorobifenil	85,0	73,2	40-135	15,0	
2,2',3,4,4',5,5'-Heptaclorobifenil	88,5	76,0	40-135	15,2	



**Tabela 20. Resultados de precisão e exatidão para PCB da amostra PS-10-P1**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
2,4,4'-Triclorobifenil	88,0	79,8	40-135	9,9	
2,2',5,5'-Tetraclorobifenil	77,3	66,0	40-135	15,7	
2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenil	89,8	75,3	40-135	17,6	
2,3',4,4',5'-Pentaclorobifenil	73,7	60,6	40-135	19,5	
2,2',3,4,4',5'-Hexaclorobifenil	77,3	67,2	40-135	14,0	
2,2',4,4',5,5'-Hexaclorobifenil	88,6	73,3	40-135	18,9	
2,2',3,4,4',5,5'-Heptaclorobifenil	90,0	77,2	40-135	15,3	

Nas Tabelas 21 e 22 são apresentados os resultados obtidos dos pesticidas organoclorados (POC) para precisão, a partir do desvio-padrão relativo, e de exatidão, a partir da recuperação, nas amostras PS-10 e PS-10-P1. Usou-se como referência não somente os intervalos estabelecidos pelo laboratório, como também no documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005), comprovando a qualidade analítica e fidedignidade dos resultados.

**Tabela 21. Resultados de precisão e exatidão para pesticidas organoclorados da amostra PS-10**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
a-BHC	84,4	71,2	40-135	17,0	
b-BHC	78,0	69,0	40-135	12,4	
g-BHC (Lindano)	83,0	68,8	40-135	18,7	
d-BHC	77,5	66,0	40-135	16,0	
a-Clordano	75,7	64,1	40-135	16,6	
g-Clordano	75,7	63,9	40-135	16,9	
4,4'-DDE	81,0	66,4	40-135	19,3	
Dieldrin	77,1	64,4	40-135	17,9	0,38 <sup>(2)</sup>
Endrin	71,0	62,6	40-135	12,6	
4,4'-DDD	76,6	74,5	40-135	2,9	
4,4'-DDT	70,0	67,5	40-135	3,7	0-50 <sup>(2)</sup>



**Tabela 22. Resultados de precisão e exatidão para pesticida organoclorado da amostra PS-10-P1**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
a-BHC	84,8	90,0	40-135	6,0	
b-BHC	78,5	86,2	40-135	9,4	
g-BHC (Lindano)	89,4	87,1	40-135	2,5	
d-BHC	78,2	85,4	40-135	8,7	
a-Clordano	86,2	82,9	40-135	3,9	
g-Clordano	71,6	82,4	40-135	14,0	
4,4'-DDE	80,6	78,9	40-135	2,0	
Dieldrin	75,7	83,5	40-135	9,8	0,38 <sup>(2)</sup>
Endrin	80,6	75,7	40-135	6,4	
4,4'-DDD	69,0	72,4	40-135	4,8	
4,4'-DDT	86,6	80,8	40-135	6,9	0-50 <sup>(2)</sup>

Nas Tabelas 23 e 24 são apresentados os resultados obtidos de metais e semi metais para precisão, a partir do desvio-padrão relativo, e de exatidão, a partir da recuperação, nas amostras PS-10 e PS-10-P1. Usou-se como referência não somente os intervalos estabelecidos pelo laboratório, como também no documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005), comprovando a qualidade analítica e fidedignidade dos resultados.

**Tabela 21. Resultados de precisão e exatidão para metais e semi metais da amostra PS-10**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
Arsênio	81,1	83,0	40-135	6,0	
Cádmio	92,6	94,7	40-135	9,4	
Chumbo	99,2	100	40-135	2,5	
Cobre	97,0	96,9	40-135	8,7	
Cromo	93,5	95,9	40-135	3,9	
Mercúrio	118	118	40-135	14,0	
Níquel	118	119	40-135	2,0	
Zinco	92,8	93,7	40-135	9,8	



**Tabela 22. Resultados de precisão e exatidão para metais e semi metais da amostra PS-10-P1**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
Arsênio	83,8	85,0	40-135	1,4	
Cádmio	95,3	97,1	40-135	1,8	
Chumbo	101	100	40-135	0,3	
Cobre	95,7	96,4	40-135	0,7	
Cromo	93,7	97,5	40-135	4,0	
Mercúrio	98,9	98,6	40-135	0,3	
Níquel	96,1	94,9	40-135	1,2	
Zinco	99,6	96,5	40-135	3,2	

Nas Tabelas 25 e 26 são apresentados os resultados obtidos de fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total para precisão, a partir do desvio-padrão relativo, e de exatidão, a partir da recuperação, nas amostras PS-10 e PS-10-P1. Usou-se como referência não somente os intervalos estabelecidos pelo laboratório, como também no documento US EPA Contract Laboratory Program – National Functional Guidelines for Superfund Organic Methods Data Review (2005), comprovando a qualidade analítica e fidedignidade dos resultados.

**Tabela 21. Resultados de precisão e exatidão para fósforo total e nitrogênio Kjeldahl total da amostra PS-10**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
Fósforo total	118	118		0,1	
Nitrogênio Kjeldahl total	76	80		5,0	

**Tabela 22. Resultados de precisão e exatidão para fósforo total e nitrogênio Kjeldahl da amostra PS-10**

Composto	Exatidão			Precisão	
	% Recuperação MS	% Recuperação MSD	Intervalo Aceitável	% DPR	Intervalo Aceitável
Fósforo total	109	111		1,5	
Nitrogênio Kjeldahl total	76	77		1,0	

#### 4. Surrogates

O laboratório adicionou a cada amostra de sedimento, os seguintes traçadores para acessar exatidão por amostra e avaliar efeito de matriz na recuperação dos analitos-alvo:

- HPA: 2-Fluorfenol, Fenol-d6, 2-Fluorbifenil, Nitrobenzeno-d5, Terfenil-d14 e 2,4,6-Tribromofenol



- PCB: Tetracloro-m-xileno e Decaclorobifenil
- POC: Tetracloro-m-xileno e Decaclorobifenil

O laboratório opta por adicionar mais de um traçador por método analítico, visto que a análise cromatográfica destes compostos está susceptível a inviabilidade de quantificação por efeitos de matriz, tais como coeluição e formação de emulsão durante extração. O recomendável é que pelo menos um surrogate seja quantificado dentro dos limites de controle de qualidade estabelecidos pelo laboratório para que os resultados das amostras sejam considerados satisfatórios e tecnicamente válidos. Os resultados de recuperação de surrogate podem ser confirmados nos laudos analíticos (Anexo 5). Todos os resultados obtidos de surrogate nas amostras de sedimento atenderam plenamente todos os requisitos de controle de qualidade.

Na análise de HPA na amostra PS-4-P4 os surrogates 2-fluorfenol, 2-fluorbifenil, nitrobenzeno-d5 e terfenil-d14 não puderam ser quantificados em virtude de formação de emulsão (ou devido à coeluição). No entanto, os surrogates mencionados foram quantificados adequadamente em todas as outras amostras, validando os resultados e assegurando a exatidão técnica dos mesmos

## 5. Material de referência

Foi enviada ao laboratório Analytical Technology uma amostra de sedimento da NIST (National Institute of Standard and Technology). Esta amostra certificada foi identificada como “Amostra de referência NIST 1944” e analisada para HPA, PCB e metais. Os resultados obtidos são discutidos a seguir:

- Metais e semi metais

Na Tabela 23 abaixo são apresentados os resultados obtidos pelo laboratório contratado no ensaio de metais e semi metais pelo método de análise SW 846 USEPA 6010B e 7471A (mercúrio). Calculou-se o desvio-padrão relativo (DPR) entre os resultados, de forma a obter a precisão dos mesmos. O DPR variou de 0,3 a 25 %, indicando uma excelente exatidão e precisão analíticas, com exceção do zinco, onde foi obtido um desvio de 37 %, visto que o documento Tier I Data Validation Manual For the Ohio EPA -Division of Hazardous Waste Management (2004) considera até 30% como valor aceitável para compostos orgânicos.



**Tabela 23. Resultados das análises de metais e semi metais do material de referência**

Composto	Concentração obtida	Valor referência	% recuperação	DP
Arsênio	21	18,9	111	1,5
Cádmio	8,2	8,8	93	0,4
Chumbo	298	330	90	23
Cobre	345	380	91	25
Cromo	244	266	92	16
Mercúrio	2,8	3,4	111	0,3
Níquel	73,6	76,1	97	2,0
zinco	604	656	92	37

- PCB

Na Tabela 24 abaixo são apresentados os resultados obtidos pelo laboratório contratado no ensaio de PCB pelo método de análise SW 846 USEPA 8081. Calculou-se o desvio-padrão relativo (DPR) entre os resultados, de forma a obter a precisão dos mesmos. O DPR variou de 1,7 a 12,8 %, indicando uma excelente exatidão e precisão analíticas, visto que o documento Tier I Data Validation Manual For the Ohio EPA -Division of Hazardous Waste Management (2004) considera até 30% como valor aceitável para compostos orgânicos.

**Tabela 24. Resultados das análises de PCB do material de referência**

Composto	Concentração obtida	Valor referência	% recuperação	DP
2,4,4'-Triclorobifenil	78,4	80,8	97	1,7
2,2',5,5'-Tetraclorobifenil	87,0	79,2	110	5,5
2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenil	68,8	73,4	94	3,2
2,3',4,4',5'-Pentaclorobifenil	64,5	58,0	111	4,6
2,2',3,4,4',5'-Hexaclorobifenil	55,8	74,0	75	12,8
2,2',4,4',5,5'-Hexaclorobifenil	69,8	62,1	112	5,4
2,2',3,4,4',5,5'-Heptaclorobifenil	36,9	44,3	83	5,2

- HPA

Na Tabela 24 abaixo são apresentados os resultados obtidos pelo laboratório contratado no ensaio de HPA de análise SW 846 USEPA 8270 b. Calculou-se o desvio-padrão relativo (DPR) entre os resultados, de forma a obter a precisão dos mesmos. O DPR variou de 4 a 59 % e, levando-se em consideração o documento Tier I Data Validation Manual For the Ohio EPA -Division of Hazardous Waste Management (2004) que considera até 30% como valor aceitável para compostos



orgânicos, observa-se que vários compostos ficaram acima do valor recomendando, no entanto todos os resultados obtidos ficaram dentro dos critérios aceitáveis de controle de qualidade do laboratório responsável pelas análises.

**Tabela 21. Resultados das análises de HPA do material de referência**

Composto	Concentração obtida	Valor referência	% recuperação	DP
Naftaleno	859,6	1650	52	47
2-Metilnaftaleno	417,8	950	44	56
Acenafteno	266,7	570	47	53
Fluoreno	348,8	850	41	59
Fenantreno	4882	5270	93	7
Antraceno	1123	1770	63	36
Fluoranteno	8567	8920	96	4
Pireno	8845	9700	91	9
Benzo(a)antraceno	3835	4720	81	19
Criseno	5044	4860	104	4
Benzo(b)fluoranteno	4256	3870	110	10
Benzo(k)fluoranteno	2905	2300	126	26
Benzo(a)pireno	2170	4300	50	49
Indeno(1,2,3-cd)pireno	1131	2780	41	59
Dibenzo(a,h)antraceno	477,1	424	112	12
Benzo(ghi)perileno	2563	2840	90	10

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 sedimento(matriz) coletadas para o projeto CPEA-xx.

## 5. CONCLUSÕES

A caracterização do material a ser dragado mostrou que:

- a. Trata-se de material predominantemente argiloso;
- b. A carga de contaminantes encontrada é baixa com apenas uma amostra apresentando alguns parâmetros acima de nível 1 e, mesmo assim, com concentrações bastante próximas ao nível 1;
- c. Todas as amostras de superfície não apresentaram toxicidade ao organismo teste;



- d. O resultado dos ensaios ecotoxicológicos dos sedimentos de superfície podem ser extrapolados aos sedimentos em profundidade, uma vez que se trata de sedimentos com características físico-químicas similares;
- e. A área como um todo apresenta material compatível com o descarte oceânico, uma vez que suas características não apresentam potencial significativo de impacto na região de descarte;
- f. O descarte oceânico poderá ser executado de acordo com um Plano de Disposição compatível com a utilização da nova área de descarte pelo Porto de Santos (Figura 8 – nova área de descarte)
- g. Não são necessárias medidas mitigadoras complementares para evitar a contaminação da água e dos organismos ao redor da dragagem, pois os sedimentos a serem dragados não apresentam contaminação.

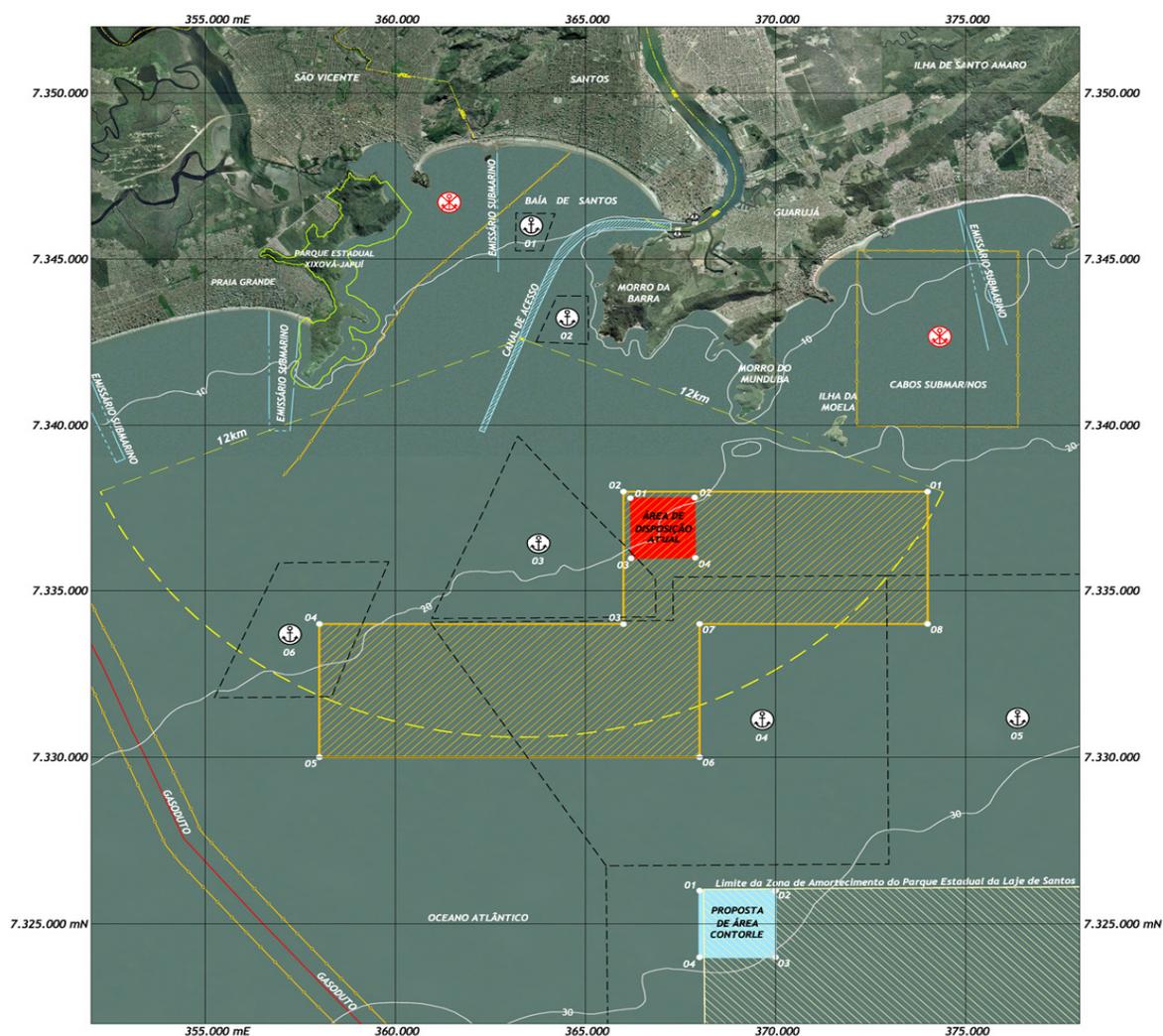


Figura 8 - Região das novas áreas de descarte de material dragado do Porto de Santos.



## 6. BIBLIOGRAFIA

- Abessa, D. M. S. 2002. Avaliação da qualidade de sedimentos do Sistema Estuarino de Santos, SP, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo. 290p.
- CCME. 1995. Canadian Council of Ministers of the Environment: Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. CCME EPC-98E. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa [Reprinted in Canadian Environmental quality guidelines, Chapter 6, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, Winnipeg].
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001). Sistema estuarino de Santos e São Vicente. Relatório Técnico. São Paulo. 178p
- CETESB, 1983. Baixada Santista: estudo dos manguezais. São Paulo, CETESB, 116p.
- CETESB, 1988. Estudo dos manguezais da Baixada Santista – Relatório Final. São Paulo, CETESB, 70p.
- CETESB, 1998. Avaliação do grau de contaminação do sedimento ao longo do canal de navegação do Porto de Santos. São Paulo, CETESB, 26p.
- CODESP, 2008. Dragagem de aprofundamento do canal de navegação, bacias de evolução e berços de atracação do Porto Organizado de Santos – São Paulo. Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental
- COSIPA / CPEA. 2006. Informação Técnica 439 – CPEA 037/06
- EPA, 1972. Water quality criteria. Ecological Res. Serv. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.: 594p.
- Förstner, U. & Salomons, W. (1980) Trace metals analysis on polluted sediments. Part I: Assesments of sources and intensities. Environ. Tech Lett 1: 495 – 505
- Fukumoto, M. M. (2007). Determinação da história deposicional recente do Alto Estuário Santista, com base nos teores de metais e na suscetibilidade magnética dos sedimentos. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. 123p. Palavras chave: Metais, Dinâmica sedimentar, Alto Estuário.
- Luiz-Silva, W.; Matos, R.H.R.; Kristosch, G.C. (2002). Metais pesados na baía de Santos e estuários de Santos e São Vicente. Relatório. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, São Paulo, 82p.



NEVES, R.; BARETTA, J. & MATEUS, M. 2008. Perspectives on integrated coastal zone management in South America. IST Press, 594 p.

SIQUEIRA, G. W.; BRAGA, E. S.; PEREIRA, S. F. P. & da SILVA, E. 2005. Distribuição do mercúrio em sedimentos de fundo no Estuário de Santos – SP/Brasil. R. Esc. Minas, vol. 58, n. 4, p. 309-316.

USEPA (1994). Methods for assessing the toxicity of sediment-associated contaminants with estuarine and marine amphipods. EPA-600/R-94/025. Cincinnati, U. S. Environmental Protection Agency, 156 p.



ANEXOS



ANEXO 1

DOSSIÊ FOTOGRÁFICO DA COLETA DE SEDIMENTO



Figura 1 - Retirada da draga do tipo *Van Veen* contendo sedimento superficial.



Figura 2 - Retirada de amostra de sedimento sub-superficial do tubo coletor de alumínio.



Figura 3 - Retirada da draga tipo *Petit Ponan* da coluna d'água contendo organismos bentônicos.



Figura 4 - Medida dos parâmetros físico-químicos realizada *in situ*.



Figura 5 - Acondicionamento da amostra de sedimento em frasco fornecido pelo laboratório.

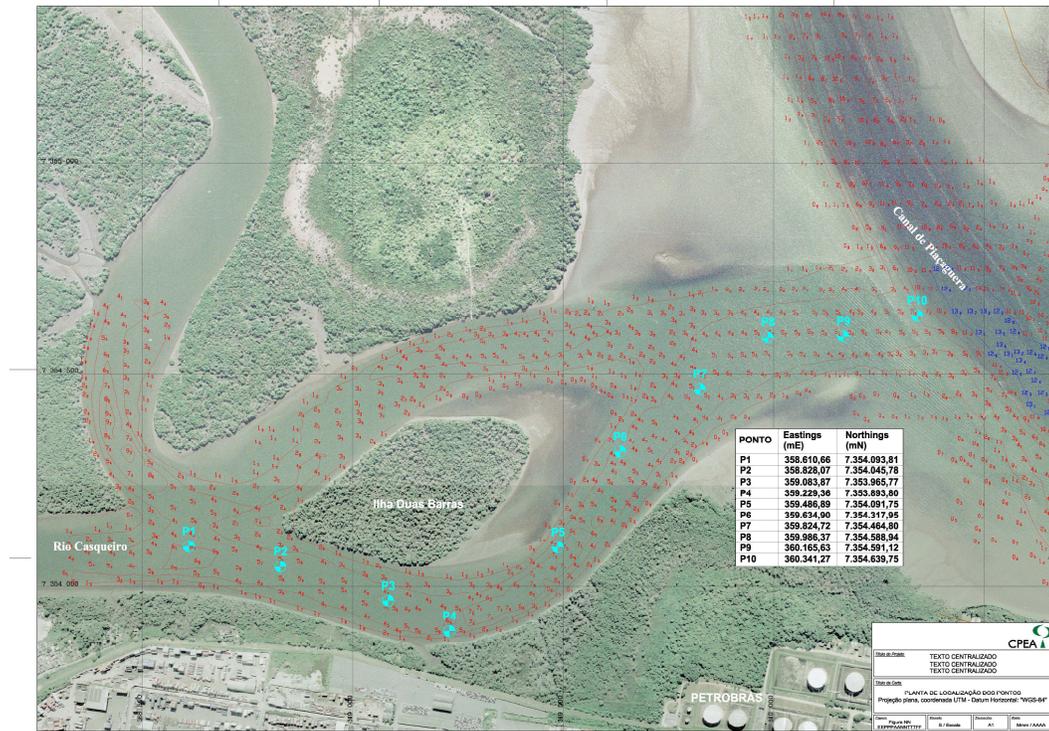


Figura 6 - Limpeza dos instrumentos para não haver contaminação cruzada.



ANEXO 2

LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS DE SEDIMENTO





ANEXO 3

PROTOCOLO DE ARMAZENAMENTO PARA AMOSTRAS DE SEDIMENTO



**Tabela 1: Condições de armazenamento, preservação e estocagem das amostras de sedimento.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Recipiente de armazenamento</b>	<b>Preservação</b>	<b>Quantidade de amostra (g)</b>	<b>Prazo para análise</b>
Granulometria	Sacos ou frascos de plásticos reforçados	Refrigeração a 4°C	500 g	-----
Metais	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4°C	100	6 meses *Hg 28 dias
Compostos orgânicos semi voláteis	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4° C	100	14 dias
Bifenilas policloradas (PCB)	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4°C	100	7 dias até extração; 40 dias após a extração
Pesticidas organoclorados (POC)	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4°C	100	7 dias até extração; 40 dias após a extração
Nutrientes (NKT e COT)	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4°C	100	28 dias
Compostos orgânicos voláteis	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4°C	100	14 dias



## ANEXO 4

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



## DIGIMED DM - 02

### 1. CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO

- h. O Medidor da Digimed possui dois eletrodos, pH (Modelo DME-CV2) e outro para Eh (Modelo DMR CP1).

#### 1.1. Métodos:

**pH:** Eletrodo de pH é composto por:

- 11.1 Bulbo da medida;
- 11.2 Corpo de vidro;
- 11.3 Junção de cerâmica;
- 11.4 Cabo;
- 11.5 Cabeçote de polipropileno;
- 11.6 Capa de transporte;

**E<sub>H</sub>:** Eletrodo de E<sub>H</sub> é composto por:

- 11.1.1 Anel metálico;
- 11.1.2 Corpo de vidro;
- 11.1.3 Tampão;
- 11.1.4 Orifício de recarga do eletrodo;
- 11.1.5 Cabo;
- 11.1.6 Cabeçote de polipropileno;
- 11.1.7 Capa de transporte;
- 11.1.8 Diafragma.

#### 1.1.1. Observações:

- 1.1.1.1 O eletrodo de E<sub>H</sub> deve ser acondicionado em solução 228 mV Digimed.
- 1.1.1.2 O eletrodo de pH deve ser acondicionado em soluções:
  - 1.1.1.3 Solução pH 4,01 Digimed;
  - 1.1.1.4 Solução pH 6,86 Digimed;
  - 1.1.1.5 Solução pH 10,1 Digimed;
- 1.1.1.6 O eletrodo de pH deve ficar imerso na solução de KCL sempre que não estiver em uso.

### 2. Controle de qualidade

- i. **Freqüência de calibração:** O equipamento é calibrado previamente à sua utilização e a cada 20 medições, ou quando são observados resultados anômalos.



- j. **Frequência de verificação:** a verificação é realizada com a solução de calibração rápida, após o procedimento de calibração (diariamente, no início e no final dos trabalhos de campo).
- k. **Replicatas:** deve-se sempre realizar três medidas por amostra e obter a média para expressão do resultado final.
- l. **Ações corretivas para medidas anômalas:** Deve ser realizada a re-calibração do equipamento ou utilização de outro equipamento com mesma função.
- m. **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.
- n. **Faixa de trabalho e acuracidade:** A faixa de trabalho para cada medida é apresentada na Tabela 1 abaixo.
- o. **Procedimentos de limpeza geral e manutenção:** Previamente e após o seu uso, a sonda é lavada com água em abundância, rinsada com água destilada e seca com papel macio. Periodicamente o equipamento é enviado para a realização da manutenção preventiva pelo representante do fabricante.
- p. **Amostragem e armazenamento:** As amostras não devem ser armazenadas, mas analisadas na coleta. O contato atmosférico e a demora nas análises devem ser minimizados.

**Tabela 1. Especificações dos parâmetros físico-químicos avaliados**

Parâmetros	Princípio	Faixa	Precisão	Compensação da Temperatura
pH	Eletrodo de vidro	0,00 – 14	± 0,02	-5 – 55°C
Eh	Eletrodo PT/PtO	±2000mV	±1,0mV	-5-55°C



ANEXO 5

LAUDOS ANALÍTICOS