

**MONITORAMENTO ANUAL**

**2ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**DEICMAR I (TDP - I)**

**SANTOS - SP**

**Abril, 2010**

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Atendendo ao convite da DEICMAR, a Consultoria Paulista de Estudos Ambientais (CPEA) elaborou este Relatório de Técnico (IDCPEA-952), visando apresentar os resultados e conclusões das atividades desenvolvidas durante 2ª Campanha de Monitoramento da Água Subterrânea na área do Terminal Portuário da Deicmar I (TDP I), Santos – SP. Os dados aqui apresentados são referentes às coletas realizadas em Março de 2010 e foram levantados pela Consultoria Paulista de Estudos Ambientais (CPEA).

Foram amostrados sete poços de monitoramento entre os 30 e 31 de Março de 2010. Todos os trabalhos de campo contemplaram a amostragem de água subterrânea, cujos procedimentos adotados foram realizados de acordo com o plano de monitoramento proposto em 2008, tomando-se como base as diretrizes constantes na Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009 do Estado de São Paulo, no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001), na Decisão de Diretoria nº103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007 da CETESB e na norma ASTM 6771.

Durante os procedimentos de amostragem foram seguidos rigorosamente os padrões de controle de qualidade da CPEA. Além das amostras de água subterrânea dos sete poços de monitoramento, preocupou-se desde o início dos trabalhos na obtenção de dados fidedignos e, desta forma foram coletadas três amostras de controle e garantia da qualidade: um branco de campo, um branco de equipamento e uma amostra *Matrix Spike* do PM-04.

Os resultados obtidos indicam que a potenciometria na região corrobora com os resultados obtidos nas campanhas realizadas anteriormente onde o fluxo subterrâneo local apresenta duas componentes principais nos sentidos noroeste e nordeste, em direção ao estuário.

As análises da qualidade das águas subterrâneas indicaram que dentre os metais, semi-metais, bifenilas policloradas e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos analisados apenas o ferro, manganês e mercúrio apresentaram resultados acima do valor de intervenção estabelecido pela Decisão de Diretoria nº195/2005 (CETESB, 2005).

Desta forma, recomenda-se a continuidade do monitoramento anual como proposto no relatório técnico IDCPEA-577, com a próxima campanha a ser realizada em Fevereiro de 2011 para os parâmetros metais e semi-metais, PCB e HPA. Além disto, recomenda-se que os resultados de mercúrio obtidos devem ser melhor avaliados através de uma investigação na área, focando também no histórico dos possíveis eventos geradores desta concentração.

## SUMÁRIO

### CAPITULO 1

INTRODUÇÃO .....	6
------------------	---

### CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
2.1. PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA AMOSTRAGEM .....	7
2.2. MEDIÇÕES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM CAMPO.....	9
2.3. TRATAMENTO DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES LABORATORIAIS .....	10
2.4. ELABORAÇÃO DO MAPA POTENCIOMÉTRICO .....	10

### CAPÍTULO 3

GARANTIA E CONTROLE DA QUALIDADE (QA/QC) .....	11
3.1. PROCEDIMENTOS DE DESCONTAMINAÇÃO .....	11
3.1.1. BRANCO DE CAMPO .....	12
3.1.2. BRANCO DE EQUIPAMENTO .....	12
3.2. PROCEDIMENTO DE COLETA E MEDIÇÃO IN SITU .....	12
3.3. PREPARAÇÃO DO MATERIAL DE COLETA.....	13
3.4. CONTROLE DE QUALIDADE DOS RESULTADOS ANALÍTICOS.....	13
3.4.1. BRANCO DO MÉTODO .....	13
3.4.2. AMOSTRAS DE CONTROLE LABORATORIAL (LCS - <i>LABORATORY CONTROL SAMPLE</i> ).....	13
3.4.3. SURROGATE.....	14
3.4.4. AMOSTRAS MS ( <i>MATRIX SPIKE</i> ) .....	14
3.5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE .....	14
3.5.1. BRANCO DO MÉTODO .....	14
3.5.2. BRANCO DE CAMPO .....	15
3.5.3. BRANCO DE EQUIPAMENTO .....	16
3.5.4. AMOSTRA DE CONTROLE LABORATORIAL (LCS) .....	17
3.5.5. AMOSTRA MATRIX SPIKE (MS).....	17
3.5.6. SURROGATES .....	19

CAPÍTULO 4	
RESULTADOS OBTIDOS.....	20
4.1. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA.....	20
4.1.1. POTENCIOMETRIA.....	20
4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS.....	21
4.2.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	21
4.2.2. METAIS E SEMI-METAIS.....	22
4.2.3. BIFENILAS POLICLORADAS - PCB.....	25
4.2.4. HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS - HPA.....	25
CAPÍTULO 5	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	27
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
7. EQUIPE TÉCNICA.....	29
ANEXO 1	
FIGURAS.....	31
ANEXO 2	
DOSSIÊ FOTOGRÁFICO.....	32
ANEXO 3	
CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - HM-01.....	33
ANEXO 4	
PROTOCOLO DE MANUTENÇÃO DA SONDA MULTIPARÂMETRO (HI-9828).....	34
ANEXO 5	
CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO TESTE INTERLABORATORIAL.....	35
ANEXO 6	
LAUDOS FÍSICO-QUÍMICOS CPEA.....	36
ANEXO 7	
CADEIAS DE CUSTÓDIA E LAUDOS - CEIMIC.....	37
ANEXO 8	
ART.....	38

## Lista de Tabelas

Tabela 01 - Resultados de níveis de água dos poços de monitoramento amostrados.....	8
Tabela 02 - Protocolo de preservação e armazenamento das amostras de água subterrânea...	9
Tabela 03 - Carga hidráulica dos poços de monitoramento. ....	10
Tabela 04 - Resultados analíticos do branco de campo .....	15
Tabela 05 - Resultados analíticos do branco de campo e branco de equipamento .....	16
Tabela 06 - Resultados analíticos da amostra MS .....	18
Tabela 07 - Resultados dos parâmetros físico-químicos medidos <i>in-situ</i> dos poços de monitoramento .....	21
Tabela 08 - Resultados de metais e semi-metais dissolvidos nas amostras de água subterrânea (ug/L) .....	22
Tabela 09 - Resultados de PCB nas amostras de água subterrânea (µg/L) .....	25
Tabela 10 - Resultados de HPA nas amostras de água subterrânea (ug/L) .....	26

## Lista de Figuras

Figura 01 - Variação do nível de água nos poços de monitoramento.....	21
Figura 02 - Distribuição de As .....	24
Figura 03 - Distribuição de Hg .....	24
Figura 04 - Distribuição de Ba.....	24
Figura 05 - Distribuição de B .....	24
Figura 06 - Distribuição de Co.....	25

## CAPITULO 1

### INTRODUÇÃO

Atendendo ao convite da DEICMAR, a Consultoria Paulista de Estudos Ambientais (CPEA) elaborou este Relatório de Técnico (IDCPEA-952), visando apresentar os resultados e conclusões das atividades desenvolvidas durante a 2ª Campanha de Monitoramento da Água Subterrânea na área do Terminal Portuário da Deicmar I (TDP I), Santos – SP. Os dados aqui apresentados são referentes às coletas realizadas em Março de 2010 e foram obtidos pela CPEA. A referida campanha de amostragem foi realizada tomando-se como base os resultados e recomendações obtidos pelos relatórios técnicos elaborados pela CPEA em maio de 2006 (IDCPEA-386), em maio de 2007 (IDCPEA-404), em janeiro de 2008 (IDCPEA-577) e março de 2009 (IDCPEA-723).

Os trabalhos de campo contemplaram a amostragem de água subterrânea, cujos procedimentos adotados foram realizados de acordo com o plano de monitoramento proposto em 2008, tomando-se como base as diretrizes constantes na Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009 do Estado de São Paulo, no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001), na Decisão de Diretoria nº103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007 da CETESB e na norma ASTM D 6771 – *Standard Practice for Low Flow Puring and Sampling for Wells and Devices for Ground Water Quality Investigations*.

Durante os trabalhos de campo foram realizadas também as medições dos parâmetros físico-químicos tais como pH, condutividade elétrica, potencial de óxido-redução ( $E_H$ ), oxigênio dissolvido e temperatura da água, sendo que tais medidas foram realizadas previamente à coleta das amostras. Com relação às análises químicas, foram analisados os parâmetros metais e semi-metais dissolvidos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e bifenilas policloradas (PCB), de acordo com o estabelecido no referido plano de monitoramento.

## CAPÍTULO 2

### MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme apresentado no Relatório Técnico CPEA-577 “Investigação Ambiental - Área da Instalação Portuária Alfandegária” foi recomendado um monitoramento anual das águas subterrâneas durante dois anos cujos parâmetros químicos selecionados para análise foram: hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), metais e semi-metais dissolvidos e bifenilas policloradas (PCB), além dos seguintes parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido, % saturação de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade, pH, potencial de óxido-redução ( $E_H$ ) e temperatura da água.

A campanha de monitoramento realizada em Março de 2010, compreendida neste relatório, enfocou as atividades de coleta de água subterrânea nos sete poços de monitoramento instalados na área da Deicmar I (TDP-I). A **Figura 01 do Anexo 01** apresenta a localização dos poços de monitoramento.

#### 2.1. PROCEDIMENTOS ADOTADOS PARA AMOSTRAGEM

A campanha de amostragem das águas subterrâneas dos sete poços de monitoramento foi realizada entre os dias 28 e 29 de Março de 2010, sendo que a metodologia adotada para a amostragem foi a de baixa vazão.

Foram analisadas um total de 10 amostras, sendo sete amostras de água subterrânea proveniente dos poços de monitoramento, um branco de campo (PBC-01), um branco de equipamento (PBE-01) e uma amostra *Matrix Spike* (MS) do PM-04. Este PM foi escolhido para o controle de qualidade

(MS) devido ao fato do mesmo ter apresentado resultados para os PCB no solo na campanha realizada em Maio de 2007. A localização dos poços de monitoramento é apresentada na **Figura 01 do Anexo 01**.

A amostragem utilizando a técnica de baixa vazão (*low flow*) é baseada na utilização de uma bomba submersa, a qual é ajustada para levar água subterrânea para a superfície, de forma lenta, respeitando a vazão do aquífero e evitando o rebaixamento do nível d'água (NA) no poço, além de evitar perturbações que possam ocasionar turbidez na amostra. O objetivo desta técnica é a coleta de amostras representativas das águas provenientes de formações geológicas adjacentes à seção filtrante dos poços. Ainda, nesta técnica, a água estagnada acima e abaixo da seção filtrante não é purgada ou amostrada. Idealmente, a taxa de vazão do poço a partir do bombeamento irá se aproximar ou será menor do que a taxa de vazão da formação que abastece o poço.

O sistema consiste em inserir uma bomba dentro da seção de interesse, sendo que a água é purgada e os parâmetros físico-químicos são monitorados continuamente com o auxílio de um medidor multiparamétrico acoplado a uma célula de fluxo. O nível das águas subterrâneas também é monitorado a fim de garantir que o rebaixamento seja reduzido ao mínimo. Para o presente caso, a vazão média obtida durante a purga dos poços foi de aproximadamente 0,1 L/min.

No **Anexo 02** é apresentado o dossiê fotográfico dos procedimentos realizados durante a amostragem em baixa vazão. Todo o procedimento de coleta atendeu as exigências constantes no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001) e na ASTM D 6771.

Antes e durante a coleta de água subterrânea foram realizadas em todos os PM as medições do nível d'água (NA) utilizando um medidor de nível d'água e interface modelo 122-Mini Solinst. Os resultados obtidos são apresentados na **Tabela 01** a seguir.

**Tabela 01 - Resultados dos níveis d'água dos poços de monitoramento amostrados**

Ponto de coleta	NA estático (m)*
PM 01	0,50
PM 02	1,78
PM 03	2,22
PM 04	0,30
PM 05	0,10
PM 06	0,10
PM 07	0,26

Legenda:

\*medidas realizadas na boca do tubo do poço de monitoramento.

As amostras de água subterrânea foram coletadas para análise dos parâmetros químicos de interesse descritos na **Tabela 02** abaixo. As coletas foram realizadas por baixa vazão, como anteriormente citado, sendo que as alíquotas referentes à análise de metais dissolvidos foram filtradas em laboratório, sendo especificado na cadeia de custódia o prazo máximo de 24h para realização do procedimento de filtração e preservação das alíquotas. Para os demais parâmetros, as



amostras foram coletadas sem a necessidade de filtração. Os procedimentos atenderam as exigências das normas da CETESB (2001) e da ASTM D 6771.

As amostras de água subterrânea foram coletadas para análise dos parâmetros químicos de interesse descritos na **Tabela 02**, a qual apresenta também os protocolos de preservação e armazenamento das amostras além dos parâmetros selecionados para análise.

**Tabela 02 - Protocolos de preservação e armazenamento das amostras de água subterrânea**

Parâmetros	Método de análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra	Prazo para análise
HPA	EPA 3510C (preparação); EPA 8270D (análise)	Vidro âmbar	Refrigerar a 4° C	1000 ml	Extração 7 dias; análise 40 dias depois da extração
PCB	EPA 3510C (preparação); EPA 8082A (análise)	Vidro âmbar	Refrigerar a 4° C	1000 ml	Extração 7 dias; análise 40 dias depois da extração
Metais dissolvidos*	EPA 6010C (análise)	Plástico	Refrigerar a 4°C; Filtrar no campo; HNO <sub>3</sub> (pH<2)	500 ml	6 meses (para análise)
Mercúrio dissolvido*	EPA 7470A (preparação); EPA 7470A (análise)	Plástico	Refrigerar a 4°C; Filtrar no campo; HNO <sub>3</sub> (pH<2)	200 ml	28 dias (para análise)

Legenda: \* - Filtrados em laboratório

Todos os equipamentos, excluindo os descartáveis, utilizados durante o desenvolvimento das atividades de campo foram lavados com sabão não fosfatado e enxaguados com água destilada e deionizada. O procedimento foi repetido três vezes, sendo a bucha ou acessório descartado de um ponto para o outro, a fim de evitar contaminação cruzada.

## 2.2. MEDIÇÕES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM CAMPO

Durante a amostragem foi realizada, *in situ*, a medição em triplicata dos parâmetros físico-químicos (pH, E<sub>H</sub>, condutividade, temperatura, oxigênio dissolvido e salinidade) das amostras com uma sonda multiparamétrica da marca Hanna modelo HI 9828. Este equipamento foi devidamente calibrado em um laboratório da Rede Brasileira de Calibração (Visomes) e verificado com padrões rastreáveis ao sistema internacional (SI) de forma a assegurar o estado de calibração do mesmo, a fim de garantir a precisão e exatidão dos resultados de campo. O **Anexo 03** apresenta uma cópia do certificado de calibração do equipamento utilizado em campo e, no **Anexo 04**, é apresentado o protocolo de manutenção e calibração da sonda (HI 9828) conforme procedimentos específicos da CPEA.

Além destes procedimentos a CPEA participa anualmente de um Teste Interlaboratorial, sendo este realizado como parte integrante do programa de controle de qualidade da CPEA. O certificado deste teste é apresentado no **Anexo 05**.

O procedimento para a medida consiste na medição dos parâmetros físico-químicos diretamente em uma célula de fluxo acoplada ao sistema de coleta (baixa vazão), sendo que as medidas foram realizadas em triplicata para cada amostra e calculada a média para uso posterior do resultado. Os laudos das análises físico-químicas realizadas em campo são apresentados no **Anexo 06**.

### 2.3. TRATAMENTO DAS AMOSTRAS PARA AS ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras de água subterrânea foram acondicionadas em frascaria apropriada (previamente limpos), com seus respectivos conservantes, conforme o parâmetro a ser analisado. Os frascos com as amostras foram armazenados em caixas térmicas com gelo e mantidas sob refrigeração entre 2°C e 6°C, desde o momento da coleta até o seu processamento em laboratório. O Laboratório CEIMIC realizou as análises. As cadeias de custódia, confirmação de recebimento das amostras e laudos analíticos são apresentadas no **Anexo 07**.

### 2.4. ELABORAÇÃO DO MAPA POTENCIOMÉTRICO

Para a elaboração do mapa potenciométrico foram utilizados os dados de nível de água obtidos antes da realização das coletas de água subterrânea, cujos valores são apresentados anteriormente na **Tabela 01**. Os dados referentes às cotas dos poços de monitoramento foram obtidos a partir do levantamento topográfico realizado em 2007. Sendo assim, com base nas cotas dos poços e nas medições de NA foi possível calcular a carga hidráulica dos poços de monitoramento (**Tabela 03**) e, conseqüentemente, confeccionar o mapa potenciométrico.

**Tabela 03 - Carga hidráulica dos poços de monitoramento.**

Identificação do poço	Coordenada (N)	Coordenada (E)	Cota do tubo geomecânico (m)	NA (m)	Carga Hidráulica
PM-01	7.353.580,1154	363.279,2124	1,506	0,50	1,006
PM-02	7.353.592,8197	363.188,7678	1,816	1,78	0,036
PM-03	7.353.520,3837	363.175,4189	1,836	2,22	-0,384
PM-04	7.353.512,9707	363.006,5566	1,291	0,30	0,991
PM-05	7.353.440,4651	363.050,0798	1,662	0,10	1,562
PM-06	7.353.363,6605	362.952,0895	1,660	0,10	1,56
PM-07	7.353.308,0091	362.881,3239	1,669	0,26	1,409

Obs.: Coordenadas em UTM, SAD-69

## CAPÍTULO 3

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

No processo de investigação de áreas contaminadas, 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 decisões 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: amostragem de água subterrânea e análises químicas, conforme apresentado nos itens a seguir.

#### 3.1. PROCEDIMENTOS DE DESCONTAMINAÇÃO

Dentre os diversos equipamentos utilizados nos trabalhos de campo desenvolvidos na área, a maioria deles é reutilizada com certa frequência, ou seja, não são descartados após o uso. Assim, a limpeza do equipamento é necessária para evitar contaminações de outras áreas (*sites* onde o equipamento foi utilizado anteriormente) e/ou interferências de locais mais contaminados para locais menos contaminados da área avaliada.

Para isto, foi estabelecido como procedimento interno da CPEA, que todos os equipamentos de perfuração, coleta de água e solo ou equipamentos utilizados em ensaios, por exemplo, tarugo, quando não descartáveis devem ser lavados com sabão neutro e água em abundância e enxaguados com água reagente antes do próximo uso.

Visando avaliar a contribuição de falsos positivos nas amostras reais, foram preparadas duas amostras de branco, as quais são descritas a seguir.

### 3.1.1. Branco de campo

O branco de campo é uma amostra de água reagente, preparada no local investigado, transferindo-a para frascos de coleta para ensaios dos parâmetros contemplados no escopo do projeto. Esta amostra é codificada e enviada ao laboratório junto com o lote de amostras da área e é tratada como se fosse uma amostra real.

Para o trabalho de investigação do ID CPEA 952 foi considerado uma amostra de branco de campo na campanha realizada em 30 de Março de 2010. A amostra foi encaminhada ao laboratório com a nomenclatura PBC-01 conforme cadeia de custódia e laudo analítico apresentado no **Anexo 07**. As análises químicas realizadas para o branco foram metais e semi-metais dissolvidos, HPA e PCB.

### 3.1.2. Branco de equipamento

Para demonstrar a qualidade dos insumos críticos utilizados durante a amostragem, deve-se avaliar se os mesmos podem contribuir com falsos positivos nos resultados de amostras reais. Para isto, prepara-se um branco de equipamento por lote de mangueiras, equipamento utilizado na amostragem de águas subterrâneas pelo método de baixa vazão.

O branco de equipamento é preparado a partir da rinsagem de água reagente em um dos equipamentos do lote utilizado na amostragem; no caso desse trabalho, tratam-se de mangueiras de polietileno de 6mm lote: 9.309/03.06/09 e mangueiras de polietileno de 9mm lote 9.506/01-07/09. Após esse processo de rinsagem da água nas mangueiras utilizadas na amostragem, transferiu-se a água para os frascos de coleta para realização das análises químicas (metais e semi-metais dissolvidos, HPA e PCB). Esta amostra, tratada como uma amostra real foi encaminhada ao laboratório com a nomenclatura PBE-01, conforme cadeia de custódia e laudo analítico apresentado no **Anexo 07**.

Caso os resultados obtidos estejam acima do limite de quantificação (LQ) do laboratório, o lote é rejeitado e um novo lote é adquirido e testado.

## 3.2. PROCEDIMENTO DE COLETA E MEDIÇÃO IN SITU

O trabalho de campo foi realizado por dois colaboradores da CPEA, ficando a cargo de um deles exclusivamente a manipulação do material de coleta e medição dos parâmetros físico-químicos *in situ* (pH,  $E_H$ , salinidade, condutividade, temperatura e oxigênio dissolvido).

A capacitação dos técnicos da CPEA na medição dos parâmetros de campo pode ser evidenciada pelos resultados satisfatórios obtidos na participação de ensaio de proficiência junto a RTC Corp (**Anexo 05**), empresa reconhecida pela US EPA para fornecimento de estudos interlaboratoriais, sendo acreditada pela A2LA (*American Association for Laboratory Accreditation*).

A coleta foi realizada conforme os procedimentos estabelecidos pela norma ASTM D 6771 - *Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground Water Quality Investigations*.

### 3.3. PREPARAÇÃO DO MATERIAL DE COLETA

Para realização das atividades de campo, foram utilizadas bombas submersíveis de bexiga descartáveis. Demais equipamentos utilizados (medidor de nível d'água, sonda multiparamétrica) foram submetidos a um rigoroso procedimento de descontaminação antes do seu uso em cada ponto amostral.

Os frascos de coleta foram fornecidos pelo laboratório CEIMIC, definidos de acordo com os parâmetros de interesse.

As amostras foram enviadas ao laboratório diariamente, logo após o encerramento das atividades de campo. Todos os frascos utilizados foram descartáveis e os preservantes adicionados, de alto grau de pureza, excluindo-se assim a possibilidade de eventual contaminação oriunda de frascos ou reagentes.

As amostras obtidas foram acondicionadas em caixas térmicas, mantidas sob refrigeração a  $4 \pm 2$  °C e enviadas ao laboratório para análise.

### 3.4. CONTROLE DE QUALIDADE DOS RESULTADOS ANALÍTICOS

Com o intuito de obter resultados fidedignos para as amostras água subterrânea do projeto IDCPEA952, 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:

#### 3.4.1. Branco do Método

É uma amostra de água reagente (para simular água subterrânea), 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.

#### 3.4.2. Amostras de controle laboratorial (LCS - *Laboratory Control Sample*)

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

### 3.4.3. Surrogate

São traçadores adicionados às análises de compostos orgânicos (HPA, PCB, entre outros). São compostos deuterados, bromados ou fluorados, com características químicas similares as 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.

### 3.4.4. Amostras MS (*matrix spike*)

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. Neste trabalho, o laboratório preparou um MS para a amostra de água subterrânea PM-04 para o ensaio de metais e semi-metais, HPA e PCB.

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, 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).

A exatidão é definida como o grau de concordância de um valor medido com o valor verdadeiro, a qual foi obtida pela realização de análises de amostras LCS, *surrogates* e *Matrix Spike*.

## 3.5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE

### 3.5.1. Branco do método

Foi utilizada água reagentes (para similar amostra de água subterrânea) como amostra de branco do método, sendo que estas foram processadas juntamente com as amostras reais. A amostra de água foi preparada pelos mesmos métodos e técnicas aplicados as amostras reais. Os resultados analíticos das amostras de água referentes ao branco do método encontram-se nos laudos analíticos (**Anexo 07**):

- Relatório de Ensaio N° 1003130: páginas 12, 23, 34, 45 e 47 de 49;
- Relatório de Ensaio N° 1003144, páginas 06, 10, 14, 17 e 19 de 20.

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

### 3.5.2. Branco de campo

Foi utilizada água reagente como amostra de branco de campo, sendo a mesma preparada no local de amostragem e posteriormente enviada ao laboratório CEIMIC, juntamente com as amostras reais. Conforme apresentado na **Tabela 04**, todos os resultados de metais, semi-metais, HPA e PCB analisados na amostra PBC-01 estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório, comprovando que não houve qualquer tipo de contaminação oriunda do ambiente amostral.

**Tabela 04 - Resultados analíticos do branco de campo**

Parâmetros	PBC-01 Branco de campo	Parâmetros	PBC-01 Branco de campo
Data coleta	30/03/10	Data coleta	30/03/10
<b>Metais e semi-metais (ug/L)</b>		<b>HPA (ug/L)</b>	
Alumínio	< 100	Acenaftileno	<0,20
Antimônio	<5,00	Acenafteno	<0,20
Arsênio	<10,0	2-metilnaftaleno	< 0,40
Bário	<10,0	Pireno	<0,20
Boro	< 200	Fluoreno	<0,20
Cádmio	<5,00	Benzo(b)fluoranteno	<0,10
Chumbo	<10,0	Dibenzo(a,h)antraceno	<0,10
Cobalto	<5,00	Naftaleno	< 0,40
Cobre	<30,0	Antraceno	<0,20
Cromo	<10,0	Fenantreno	<0,20
Ferro	< 300	Fluoranteno	<0,20
Manganês	<10,0	Benzo(a)antraceno	<0,20
Molibdênio	<5,00	Criseno	<0,20
Níquel	<10,0	Benzo(a)pireno	<0,10
Prata	<10,0	Benzo(g,h,i)perileno	<0,10
Selênio	<10,0	Benzo(k)fluoranteno	<0,10
Vanádio	<10,0	Indeno(1,2,3-cd)pireno	<0,10
Zinco	< 50,0		
Mercúrio	< 1,00		
<b>PCBs (ug/L)</b>			
2,4,4-triclorobifenil	< 0,005		
2,2,5,5-tetraclorobifenil	< 0,005		
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil	< 0,005		
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil	< 0,005		
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil	< 0,005		
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil	< 0,005		
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil	< 0,005		
PCB Total	< 0,005		

### 3.5.3. Branco de equipamento

Água reagente foi utilizada para rinsar as mangueiras de polietileno de 6mm lote 9.309/03.06/09 e mangueiras de polietileno de 9mm lote 9.506/01-07/09 utilizadas nesta campanha de amostragem. A amostra obtida foi transferida para os frascos de coleta, preparada no local de amostragem e posteriormente enviada ao laboratório, juntamente com as amostras reais. Conforme apresentado na **Tabela 05**, todos os resultados de metais, semi-metais, HPA e PCB analisados na amostra PBE-01 estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório, comprovando que não houve contribuição de falsos positivos dos equipamentos descartáveis utilizados para realização deste trabalho.

**Tabela 05 - Resultados analíticos do branco de campo e branco de equipamento**

Parâmetros	PBE-01 Branco de equipamento	Parâmetros	PBE-01 Branco de equipamento
Data coleta	30/03/10	Data coleta	30/03/10
<b>Metais e semi-metais (ug/L)</b>		<b>HPA (ug/L)</b>	
Alumínio	<5,00	Acenaftileno	<0,20
Antimônio	<10,0	Acenafteno	<0,20
Arsênio	<10,0	2-metilnaftaleno	< 0,40
Bário	< 200	Pireno	<0,20
Boro	<5,00	Fluoreno	<0,20
Cádmio	<10,0	Benzo(b)fluoranteno	<0,10
Chumbo	<5,00	Dibenzo(a,h)antraceno	<0,10
Cobalto	<30,0	Naftaleno	< 0,40
Cobre	<10,0	Antraceno	<0,20
Cromo	< 300	Fenantreno	<0,20
Ferro	<10,0	Fluoranteno	<0,20
Manganês	<5,00	Benzo(a)antraceno	<0,20
Molibdênio	<10,0	Criseno	<0,20
Níquel	<10,0	Benzo(a)pireno	<0,10
Prata	<10,0	Benzo(g,h,i)perileno	<0,10
Selênio	<10,0	Benzo(k)fluoranteno	<0,10
Vanádio	< 50,0	Indeno(1,2,3-cd)pireno	<0,10
Zinco	< 50,0		
Mercurio	< 1,00		
<b>PCBs (ug/L)</b>			
2,4,4-triclorobifenil	< 0,005		
2,2,5,5-tetraclorobifenil	< 0,005		
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil	< 0,005		
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil	< 0,005		
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil	< 0,005		
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil	< 0,005		
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil	< 0,005		
PCB Total	< 0,005		



A partir dos resultados das amostras de branco de método, campo e equipamento discutidas acima, pôde-se evidenciar que não houve qualquer tipo de contaminação oriunda do ambiente amostral, frascaria, preservantes químicos, limpeza de equipamentos, procedimentos de amostragem, manipulação das amostras, transporte ao laboratório, preparação e análise das amostras.

#### 3.5.4. Amostra de controle laboratorial (LCS)

À água reagente (para similar uma amostra de água subterrânea adicionou-se quantidade conhecida dos analitos-alvo. As amostras obtidas foram processadas juntamente com as amostras reais. A amostra de controle laboratorial (LCS) foi preparada pelos mesmos métodos e técnicas aplicadas às amostras reais. 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.

Os resultados analíticos das amostras de água referentes à amostra de controle laboratorial (LCS) encontram-se nos laudos analíticos (**Anexo 07**):

- Relatório de Ensaio N° 1003130, páginas 13, 24, 35, 46, 48 de 49;
- Relatório de Ensaio N° 1003144, páginas 07, 11, 15, 18 e 20 de 20.

#### 3.5.5. Amostra *Matrix Spike* (MS)

Foi eleita a amostra de água subterrânea PM-04 para preparação da amostra MS (*Matrix Spike*) conforme anteriormente explicado. Nesta amostra analisou-se metais, semi-metais, HPA e PCB.

Na **Tabela 06** são apresentados os resultados obtidos para exatidão, a partir da recuperação, na amostra PM-04. As recuperações variaram de 83 a 111% para metais e semi-metais, 56 a 108% para HPA e 80 a 130% para PCB. Todos os resultados estiveram dentro dos critérios de controle de qualidade estabelecidos pelo laboratório, comprovando, assim, a qualidade analítica e fidedignidade dos resultados.

Tabela 06 - Resultados analíticos da amostra MS

Parâmetros	PM - 04, em ug/L	Matrix spike, em ug/L	Concetração adicionada, em ug/L	% Recuperação	Intervalo de aceitação (%)
<b>Metais e semi-metais</b>					
Alumínio	< 100	4325	4000	108	75 - 125
Antimônio	<5,00	332	400	83	75 - 125
Arsênio	<10,0	400	400	100	75 - 125
Bário	121	4218	4000	102	75 - 125
Boro	< 200	2693	2500	108	75 - 125
Cádmio	<5,00	196	200	98	75 - 125
Cromo	<10,0	390	400	98	75 - 125
Chumbo	< 10,0	402	400	101	75 - 125
Cobalto	< 5,00	988	1000	99	75 - 125
Cobre	<30,0	518	500	104	75 - 125
Ferro	13006	14890	2000	94	75 - 125
Manganês	830	1800	1000	97	75 - 125
Molibdênio	<5,00	178	200	89	75 - 125
Níquel	<10,0	979	1000	98	75 - 125
Prata	<10,0	481	500	96	75 - 125
Selênio	<10,0	399	400	100	75 - 125
Vanádio	<10,0	1011	1000	101	75 - 125
Zinco	< 50,0	1110	1000	111	75 - 125
Mercurio	<1,00	2,07	2	103	75 - 125
<b>HPA</b>					
Acenaftileno	<0,20	0,36	0,5	72	25 - 114
Acenafteno	<0,20	0,41	0,5	82	26 - 114
Pireno	<0,20	0,38	0,5	76	26 - 137
Fluoreno	<0,20	0,41	0,5	82	30 - 118
Benzo(b)fluoranteno	<0,10	0,32	0,5	64	32 - 140
Dibenzo(a,h)antraçeno	<0,10	0,31	0,5	62	14 - 141
Naftaleno	<0,40	0,31	0,5	62	23 - 110
Antraçeno	<0,20	0,44	0,5	88	30 - 126
Fenantreno	<0,20	0,41	0,5	82	32 - 123
Fluoranteno	<0,20	0,54	0,5	108	39 - 135
Benzo(a)antraçeno	<0,20	0,36	0,5	72	39 - 139
Criseno	<0,20	0,36	0,5	72	38 - 133
Benzo(a)pireno	<0,10	0,33	0,5	66	33 - 141
Benzo(g,h,i)perileno	<0,10	0,28	0,5	56	18 - 139
Benzo(k)fluoranteno	<0,10	0,32	0,5	64	33 - 138
Indeno(1,2,3-cd)pireno	<0,10	0,32	0,5	64	21 - 124
<b>PCB</b>					
2,4,4-triclorobifenil	<0,005	0,02	0,02	100	30 - 150
2,2,5,5-tetraclorobifenil	<0,005	0,016	0,02	80	30 - 150
2,2,4,5,5-pentaclorobifenil	<0,005	0,020	0,02	100	30 - 150
2,3,4,4,5-pentaclorobifenil	<0,005	0,019	0,02	95	30 - 150
2,2,3,4,4,5-hexaclorobifenil	<0,005	0,026	0,02	130	30 - 150
2,2,4,4,5,5-hexaclorobifenil	<0,005	0,021	0,02	105	30 - 150
2,2,3,4,4,5,5-heptaclorobifenil	<0,005	0,026	0,02	130	30 - 150

### 3.5.6. Surrogates

O laboratório adicionou a cada amostra de água subterrânea do projeto IDCPEA 952, os seguintes traçadores para acessar exatidão por amostra e avaliar efeito de matriz na recuperação dos analitos-alvo:

- HPA: 2-Fluorobifenil, Terfenil-d14;
- PCB: Tetracloro-m-xileno, Decaclorobifenil.

Os resultados de recuperação de *surrogate* podem ser confirmados nos relatórios de ensaio (**Anexo 07**). Todos os resultados obtidos de *surrogate* nas amostras do projeto IDCPEA 952 atenderam plenamente todos os requisitos de controle de qualidade.

Com os resultados obtidos para as amostras de controle de qualidade utilizadas neste projeto, pode-se validar e garantir a veracidade dos valores apresentados para as amostras de água subterrânea coletadas para o projeto IDCPEA 952.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS OBTIDOS

#### 4.1. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

##### 4.1.1. Potenciometria

A variação dos níveis de água do aquífero superficial é ilustrada na **Figura 01** a seguir, onde são comparadas as medições de nível d'água realizadas em Outubro de 2007, Fevereiro de 2009 e Março de 2010.

Observa-se uma diferença entre as medidas de NA dos poços, sendo que os resultados obtidos em 2010 foram superiores nos poços PM-02 e PM-03 e inferiores nos demais poços quando comparados com os resultados anteriores, no entanto, ressalta-se que estas variações são normais em função das características hidrodinâmicas. Embora houveram variações entre os níveis d'água medidos, a análise dos mapas potenciométricos das campanhas de 2009 e 2010 demonstrou que não houve variação na direção do fluxo de água subterrânea.

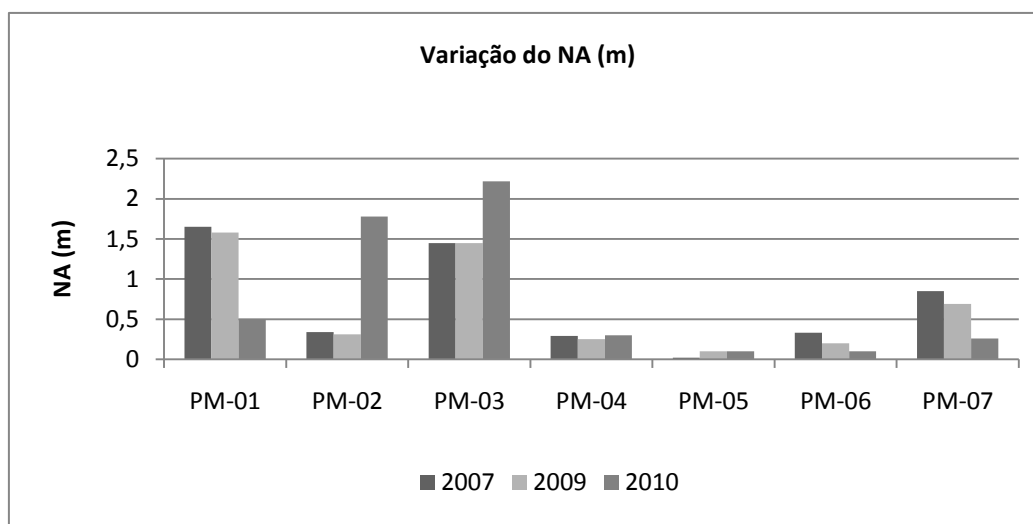


Figura 01 - Variação do nível d'água nos poços de monitoramento

Na **Figura 02 do Anexo 1** é apresentado o mapa potenciométrico da campanha de 2010 onde pode-se observar que o fluxo subterrâneo local apresenta duas componentes principais nos sentidos noroeste e nordeste, em direção ao estuário.

De forma geral, as condições hidrogeológicas observadas nesta campanha corroboram com os resultados históricos da área.

## 4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS

Os resultados analíticos de água subterrânea dos poços de monitoramento (PM) foram comparados com os valores orientadores propostos pela Decisão de Diretoria nº195/2005 (CETESB, 2005) e, quando não contemplado por essa referência buscou-se padrões na Lista Holandesa (VROM, 2009).

### 4.2.1. Parâmetros físico-químicos

Na **Tabela 07** a seguir, são apresentados os resultados médios das triplicatas dos parâmetros físico-químicos medidos em campo.

Tabela 07 - Resultados dos parâmetros físico-químicos medidos *in-situ* dos poços de monitoramento

PARÂMETROS	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
OD(mg/L)	0,36*J	< 1,0	0,01*J	< 1,0	0,27*J	< 1,0	0,4*J
OD%	4,6*J	<12,0	0,07 * J	< 12,0	3,5*J	< 12,0	4,7*J
Condutividade(µS/cm)	2039,7	326,7	911,7	1698,7	708,0	427,3	2280,0
Salinidade (‰)	1,02	0,15	0,45	0,85	0,34	0,20	1,16
EH(mV)	-86,5	9,5 *J	152,7	-60,4	-99,2	-107,7	-98,1
pH	6,30	6,64	7,20	6,09	6,47	6,56	6,47
Temp (°C)	30,0	28,2	28,1	26,1	27,6	28,7	26,9

Legenda: “\*J” – Entre o limite de detecção e quantificação

“<” Menor que o limite de quantificação

Conforme apresentado na **Tabela 07**, observam-se as seguintes considerações sobre os resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos nesta campanha de monitoramento:

- Os resultados de pH variaram de 6,09 a 7,20 e estão na mesma faixa das medições realizadas na amostragem de 2007 e 2009, com exceção do PM-02 que apresentou um resultado anômalo em 2007 (pH de 11,84), sendo em 2009 o resultado obtido de 6,51 e nesta campanha 6,64, o que confirma a anormalidade do resultado de pH de 2007.
- Os resultados de condutividade elétrica variaram de 326 uS/cm no PM-02 a 2208 uS/cm no PM-07, corroborando, como esperado, com os resultados obtidos para a salinidade, ou seja, o menor resultado no PM-02 (0,15‰) e o maior resultado no PM-07 (1,16‰). Nas campanhas anteriores (2007 e 2009) os maiores resultados de condutividade e salinidade foram obtidos no PM-04, apesar de não ser o maior resultado da campanha atual, ressalta-se que o PM-04 obteve resultados considerados altos quando comparado com a média dos resultados de condutividade (1.198 uS/cm) e salinidade (0,6‰) da área.
- Os resultados de oxigênio dissolvido (OD) e potencial de óxido-redução ( $E_{H}$ ) caracterizam o ambiente como redutor, com exceção do PM-03, o qual apresentou um resultado de  $E_{H}$  positivo (152 mV); na campanha realizada em 2009 este PM apresentou o mesmo padrão.

#### 4.2.2. Metais e semi-metais

Na **Tabela 08** a seguir, são apresentados os resultados de metais e semi-metais na água subterrânea.

**Tabela 08 - Resultados de metais e semi-metais dissolvidos nas amostras de água subterrânea (ug/L)**

Parâmetros	Valores de intervenção		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
	Cetesb (2005)	Lista Holandesa (2009)							
Data coleta			31/03/10	31/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10
Alumínio	200		< 100	< 100	<b>136</b>	< 100	< 100	< 100	< 100
Antimônio	5		<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Arsênio	10		<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Bário	700		<b>525,0</b>	<b>44,1</b>	<b>119,0</b>	<b>121,0</b>	<b>139,0</b>	<b>53,0</b>	<b>209,0</b>
Boro	500		<b>337</b>	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	<b>297</b>
Cádmio	5		<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Chumbo	10		<10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
Cobalto	5		<5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
Cobre	2000		<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
Cromo	50		<10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
<b>Ferro</b>	<b>300</b>		<b>19150</b>	<b>&lt; 300</b>	<b>&lt; 300</b>	<b>13006</b>	<b>36410</b>	<b>10890</b>	<b>21210</b>
Manganês	400		<10,0	<b>48,3</b>	<b>19,7</b>	<b>830</b>	<b>2391</b>	<b>1127</b>	<b>1205</b>
Molibdênio	70		<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Níquel	20		<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Prata	50		<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Selênio	10		<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Vanádio			<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Zinco	5000		< 50,0	< 50,0	< 50,0	< 50,0	< 50,0	< 50,0	< 50,0
<b>Mercurio</b>	<b>1</b>		<b>4,82</b>	<b>8,29</b>	<b>&lt;1,00</b>	<b>&lt;1,00</b>	<b>1,07</b>	<b>&lt;1,00</b>	<b>&lt;1,00</b>

Legenda:

■ Acima do valor de intervenção

De acordo com os resultados apresentados na **Tabela 08** os seguintes metais e semi-metais foram quantificados acima do valor de intervenção para a campanha de 2010:

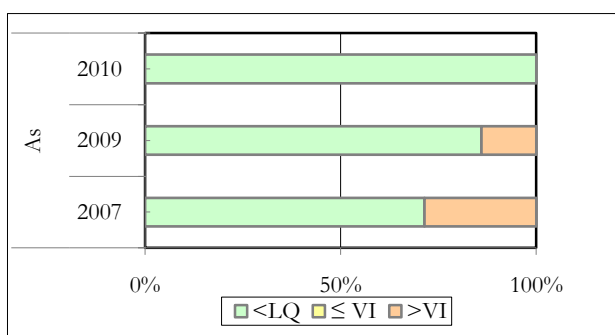
- Ferro: PM-01, PM-04 a PM-07
- Manganês: PM-04 a PM-07
- Mercúrio: PM-01, PM-02 e PM-05

Comparando os resultados obtidos nesta campanha com àqueles obtidos nas campanhas realizadas em 2007 e 2009, observa-se:

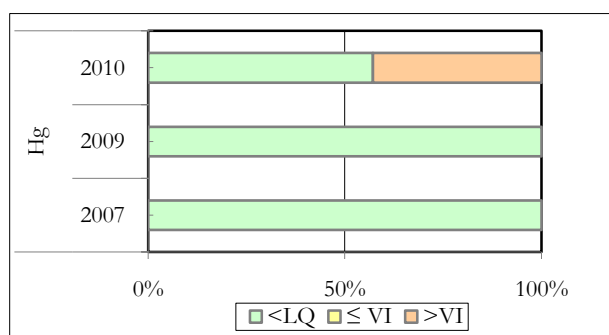
- Antimônio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio e zinco apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação (LQ) do laboratório em todas as campanhas de monitoramento;
- O alumínio foi quantificado acima de VI em 2007 no PM-02 (4519 µg/L) e nas campanhas realizadas em 2009 e 2010 os resultados obtidos estiveram abaixo de LQ (<5,0 ug/L) em todas as amostras. Nesta campanha (2010), este metal foi quantificado na amostra de água subterrânea do PM-03 (136 ug/L), porém o resultado está abaixo do valor de intervenção (VI) da CETESB (2005);
- O ferro foi quantificado em 2007, 2009 e 2010 acima do valor de intervenção em cinco amostras de água subterrânea. Tanto o Fe, quanto o Mn são metais presentes naturalmente em altas concentrações nos solos tropicais e, conseqüentemente em altas concentrações na água subterrânea (CETESB, 2001a).
- Arsênio foi quantificado acima de VI nas amostras de água subterrânea do PM-05 em 2007 e 2009 igual a 19,9 ug/L e 28,5 ug/L, respectivamente, e na amostra de água subterrânea do PM-06 em 2007, igual a 20,6 ug/L. Na campanha atual (2010) todos os resultados estiveram abaixo do LQ (< 10,0 ug/L).
- O bário foi quantificado na maioria das amostras considerando as três campanhas de monitoramento, porém com concentrações abaixo do valor de intervenção (VI). Vale ressaltar que a presença de Ba é recorrente na Baixada Santista.
- O boro foi quantificado em 2007 nas amostras de água subterrânea do PM-02 e PM-04, abaixo de VI; na campanha realizada em 2009 os resultados estiveram abaixo do LQ das amostras. Na atual campanha o B foi quantificado nas amostras do PM-01 e PM-07, porém abaixo do VI;
- O cobalto foi quantificado acima de VI no PM-07 nas campanhas de 2007 e 2009, na atual campanha o metal apresentou resultados abaixo do LQ;

- O mercúrio foi quantificado em três amostras de água subterrânea nesta campanha, sendo que nas campanhas anteriores (2007 e 2009) as concentrações obtidas apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação do laboratório. Ressalta-se que as amostras onde foram obtidas concentrações de mercúrio acima dos valores orientadores foram re-analisadas pelo laboratório sendo os resultados confirmados. Desta forma, recomenda-se que a área no entorno dos poços que apresentaram concentrações de Hg acima de VI sejam detalhadas, focando as diretrizes estabelecidas na Decisão de Diretoria nº 103/07 da CETESB.

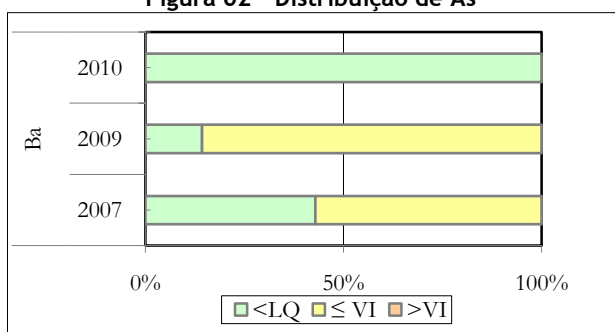
Observa-se nas **Figuras 02 a 06** abaixo que a frequência de ocorrência de metais e semi-metais abaixo do limite de quantificação (indicado com a coloração verde) aumentou desde 2007 (1ª campanha de amostragem) e, conseqüentemente, nota-se uma diminuição dos valores quantificados entre LQ e VI ou quantificados acima do VI, indicados com as cores amarelo e laranja, respectivamente, com exceção do B que apresentou amostras com concentrações entre o LQ e VI e o Hg que foi quantificado aproximadamente em 43% dos poços com resultados acima de VI na campanha de 2010.



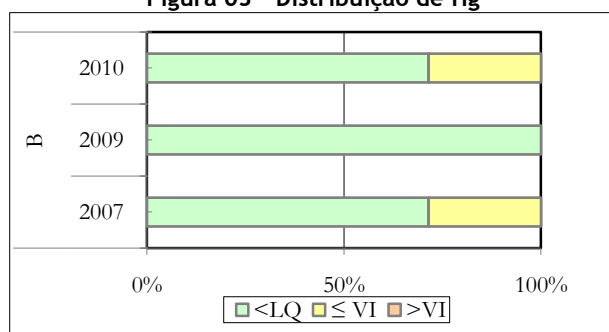
**Figura 02 - Distribuição de As**



**Figura 03 - Distribuição de Hg**



**Figura 04 - Distribuição de Ba**



**Figura 05 - Distribuição de B**



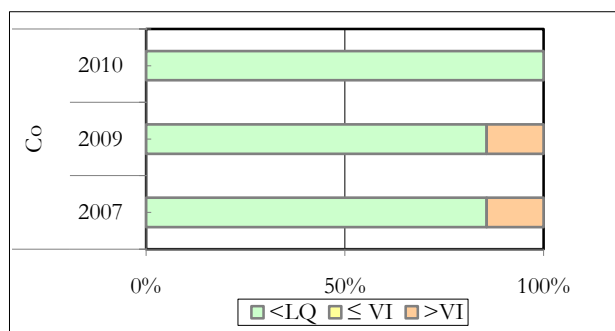


Figura 06 - Distribuição de Co

#### 4.2.3. Bifenilas Policloradas - PCB

A **Tabela 09** apresenta os resultados de bifenilas policloradas (PCB) para a água subterrânea.

**Tabela 09 - Resultados de PCB nas amostras de água subterrânea (µg/L)**

Parâmetros	Valores de intervenção		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
	Cetesb (2005)	Lista Holandesa (2009)							
Data coleta			31/03/10	31/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10
2,4,4-tridorobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,2,5,5-tetradobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,2,4,5,5-pentadorobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,4,4,5-pentadorobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,2,3,4,4,5-hexadorobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,2,4,4,5,5-hexadorobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,2,3,4,4,5,5-heptadorobifenil			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PCB Total	3,5		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005

Legenda:  Acima do valor de intervenção

Conforme apresentado na **Tabela 09**, os resultados de todas as amostras de água para bifenilas policloradas (PCB) estiveram abaixo do limite de quantificação do laboratório, sendo assim, a somatória das mesmas ficou abaixo de VI.

Estes resultados corroboram com os resultados obtidos nas campanhas realizadas em 2007 e 2009, para amostras de água subterrânea.

#### 4.2.4. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA

A **Tabela 10** apresenta os resultados de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) para a água subterrânea.

**Tabela 10 - Resultados de HPA na amostras de água subterrânea (ug/L)**

Parâmetros	Valores de intervenção		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
	Cetesb (2005)	Lista Holandesa (2009)							
Data coleta			31/03/10	31/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10	30/03/10
Acenafileno			<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Acenafeno			<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<b>0,35</b>	<0,20	<0,20
2-metilnaftaleno			< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Pireno			<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,20	<0,20
Fluoreno			<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,20	<0,20
Benzo(b)fluoranteno			<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Dibenzo(a,h)antraceno	0,18		<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Naftaleno	140		< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40
Antraceno		5	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Fenantreno	140		<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Fluoranteno		1	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<b>0,31</b>	<b>0,40</b>	<0,20
Benzo(a)antraceno	1,75		<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Criseno		0,2	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Benzo(a)pireno	0,7		<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Benzo(g,h,i)perileno		0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Benzo(k)fluoranteno		0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,17		<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Legenda:

■ Acima do valor de intervenção

Conforme apresentado na **Tabela 10**, foram quantificados acenafileno e fluoranteno na água subterrânea, porém abaixo dos valores de intervenção estabelecidos.

De acordo com as premissas da Decisão de Diretoria nº103/2007, a ART referente ao desenvolvimento das atividades apresentadas por este relatório é apresentada no **Anexo 08**.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este relatório técnico apresentou os resultados obtidos na campanha de monitoramento realizada em Março de 2010 na Deicmar (TDP I) – 2ª Campanha Anual de Monitoramento. De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- Foram quantificados na água subterrânea acima do VI os seguintes elementos: ferro, manganês e mercúrio. Comparando-se os dados obtidos na atual campanha com os obtidos na campanha de 2007 e 2009 para metais, observa-se uma tendência em diminuição nas concentrações para os elementos cujos valores obtidos estiveram acima dos respectivos valores de intervenção, com exceção do Hg que até então não havia sido quantificado na área;
- Nenhum HPA apresentou resultados acima do valor de intervenção proposto por este estudo, ou seja, todas as concentrações obtidas estão abaixo dos níveis aceitáveis;
- Os PCB analisados apresentaram resultados abaixo do limite de quantificação do laboratório;

Diante das conclusões acima, recomenda-se a continuidade do monitoramento anual como proposto no relatório técnico IDCPEA-577, com a próxima campanha a ser realizada em Fevereiro de 2011 para os parâmetros metais e semi-metais, PCB e HPA. Além disto, recomenda-se que a área no entorno dos poços que apresentaram concentrações de Hg acima de VI sejam detalhadas, focando as diretrizes estabelecidas na Decisão de Diretoria nº 103/07 da CETESB.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D 6771 – *Standard Practice for Low Flow Pumping and Sampling for Wells and Devices for Ground Water Quality Investigations.*

CETESB (2006). Ações corretivas baseadas em risco (ACBR) aplicadas a áreas contaminadas com hidrocarbonetos derivados de petróleo e outros combustíveis líquidos: Procedimento. In: \_\_\_\_\_. Decisão de Diretoria nº10/2006/C, de 26 de janeiro de 2006: dispõe sobre os novos Procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis e dá outras providências. São Paulo: CETESB, 2006. 43p.

CETESB (2007). Decisão de Diretoria nº103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007: dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo: CETESB, 2007. 40p.

CETESB (2005). Decisão de Diretoria nº195/2005/E, de 23 de novembro de 2005: dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo - 2005, em substituição aos valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. São Paulo: CETESB, 2007. 4p. CETESB. Relatório sobre estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. CETESB: São Paulo, 2001 a. 232p.

CETESB (2001). Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas. São Paulo: CETESB, 2001 . Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/manual.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp)>. Acesso em: 04 fev. 2010.

CPEA (2007). Diagnóstico Ambiental Inicial na Área da Empresa DEICMAR – Santos/SP, nas Dependências da IPA (Instalação Portuária Alfandegada). CPEA: São Paulo, maio de 2007. 28p. IDCPEA 386.

CPEA (2007). Investigação Ambiental: Área da Instalação Portuária Alfandegada. CPEA: São Paulo, maio de 2007. 51p. IDCPEA 404.

CPEA. Investigação Ambiental: Área da Instalação Portuária Alfandegada. CPEA: São Paulo, janeiro de 2008. 30p. IDCPEA 577.

CPEA (2009). Monitoramento Anual – 1ª Campanha de Monitoramento. CPEA: São Paulo, Maio de 2009. 31p. IDCPEA 723.

VROM (2009). Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. Soil Remediation Circular. The Netherlands: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.vrom.nl/37765>>. Acesso em: 02 fev. 2010.

## 7. EQUIPE TÉCNICA

Raphael Koch Turri – Eng. Civil, MSc.

Silvano de Jesus Clarimundo – Geólogo

Patrícia Ferreira Silvério – Química, Dra.

Aluisio Soares – Químico, Dr.

Gabriela M A Rodrigues – Tecnóloga em Gestão Ambiental

Cristian Granzotto – Tecnólogo em Gestão Ambiental

Magali Coimbra – Técnico Ambiental

Fabio Lima - Desenhista

## ANEXOS

ANEXO 1

FIGURAS

## ANEXO 2

### DOSSIÊ FOTOGRÁFICO



ANEXO 3

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - HM-01

## ANEXO 4

### PROTOCOLO DE MANUTENÇÃO DA SONDA MULTIPARÂMETRO (HI-9828)

## ANEXO 5

### CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO TESTE INTERLABORATORIAL

## ANEXO 6

### LAUDOS FÍSICO-QUÍMICOS CPEA

## ANEXO 7

### CADEIAS DE CUSTÓDIA E LAUDOS - CEIMIC

ANEXO 8

ART