



INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL  
ÁREA DA INSTALAÇÃO PORTUÁRIA ALFANDEGÁRIA

RELATÓRIO TÉCNICO

DEICMAR

SANTOS - SÃO PAULO

JANEIRO DE 2008

## Sumário

CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO .....	3
CAPÍTULO 2	
HISTÓRICO AMBIENTAL DA ÁREA .....	4
CAPÍTULO 3	
ATIVIDADES DE CAMPO .....	7
3.1. DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS .....	7
3.2. INSTALAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	7
3.3. COLETA DE SOLO SUBSUPERFICIAL .....	8
3.4. TOPOGRAFIA E COTAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	9
3.5. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	9
3.5.1. MEDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS EM CAMPO .....	10
CAPÍTULO 4	
RESULTADOS OBTIDOS .....	11
4.1. GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA.....	11
4.1.1 FLUXO SUBTERRÂNEO.....	13
4.2. ANÁLISES QUÍMICAS.....	15
4.2.1. RESULTADOS DO SOLO .....	15
4.2.2. RESULTADOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	18
CAPÍTULO 5	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	23
7. EQUIPE TÉCNICA.....	24
ANEXO 1	
FIGURA COM LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA.....	26
ANEXO 2	
PERFIL CONSTRUTIVOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	27
ANEXO 3	
CADEIAS DE CUSTÓDIA E LAUDOS ANALITICOS .....	28
ANEXO 4	
MAPA POTENCIOMÉTRICO .....	29
ANEXO 5	
ART .....	30



## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

Atendendo a solicitação da empresa Deicmar S.A., o presente relatório apresenta os resultados das atividades desenvolvidas para a Investigação Ambiental Confirmatória da área denominada IPA – Instalação Portuária Alfandegada, conforme recomendado no Relatório Técnico “Investigação Ambiental – Área da Instalação Portuária Alfandegada” de maio de 2007(CPEA-404).

No presente documento é apresentado o histórico ambiental da área, o relatório de campo das atividades de instalação de três poços de monitoramento, coleta de amostras de solo e água subterrânea. Também são apresentados os resultados das análises químicas do solo, água subterrânea, as conclusões e recomendações pertinentes a este estudo.

Todo o procedimento para a investigação da área seguiu as premissas do Manual de Gerenciamento de Área Contaminadas (CETESB, 2001) e normas e legislações pertinentes ao assunto.

## CAPÍTULO 2

### HISTÓRICO AMBIENTAL DA ÁREA

A área de estudo foi arrendada da Codesp pela Deicmar/SA na década de 80. Desde então a empresa Deicmar nunca movimentou nenhum produto químico, ou quaisquer outros produtos que possam oferecer algum risco ao meio ambiente. Avaliando-se o histórico da área previa ao início das operações pela Deicmar, constata-se as seguintes atividades:

- Aterramento da área com saibro de argila, areia e entulho de construção sem caracterização prévia;
- Existência de tubulações de petróleo e derivados que passam ao norte do IPA sob responsabilidade da Companhia Docas de Santos. As operações com petróleo ocorreram nestas tubulações até 1969, a movimentação de aditivos para óleos lubrificantes continuou até o final da década de 80, e a de derivados (gasolina, querosene e diesel) até meados da década de 90;
- Ocorrência de vazamentos de petróleo e derivados das tubulações que atingiram a área onde atualmente está instalada a Deicmar/IPA, mais especificamente ao norte (Área I). As medidas tomadas pela Companhia Docas de Santos, em relação a estes vazamentos, eram a instalação de barreiras de contenção e remoção do material derramado, porém ficavam alguns resíduos que acabavam infiltrando no solo, uma vez que naquela época a área ainda não era impermeabilizada. Não foram encontrados registros ou relatórios emitidos sobre tais medidas de contenção dos vazamentos.

A empresa Deicmar assumiu a área em questão na década de 80 e realizou parte do aterramento como solo argiloso, areia e entulho de construção. Em meados da década de 80 a área foi pavimentada e atualmente grande parte da área encontra-se impermeabilizada com asfalto, sendo que em alguns locais o piso é recoberto com bloquetes. Não há relatos sobre danos ao meio ambiente durante a instalação da empresa Deicmar, porém foi relatado o envio de lâmpadas fluorescentes em tambores para a EADI na Alemoa, estas lâmpadas ainda não tiveram uma destinação apropriada e encontram-se armazenadas em tambores fechados e em local coberto no armazém.

Em 2006 a Deicmar contratou a Consultoria Paulista de Estudos Ambientais para realizar um diagnóstico ambiental inicial com o objetivo de levantar os passivos ambientais e iniciar o processo de investigação da contaminação do solo nas dependências da Deicmar. Foram realizadas oito sondagens (P0 a P7) na área da Deicmar. Foram quantificados os seguintes compostos acima dos valores orientadores para solos:

- Bário: P-0, P-1 e P-7 (acima de prevenção) e P-6 (acima de intervenção);
- Cromo: P-3 (acima de prevenção);
- PCB total: P-7 (acima de prevenção);
- Benzo(a)antraceno: P-1 e P-3 (acima de prevenção);
- Naftaleno: P-5 (acima de prevenção)

Outros compostos foram quantificados, porém não apresentaram resultados acima dos valores orientadores. É importante salientar que bário foi quantificado também no ponto P0, ou seja, local onde nunca houve nenhuma atividade da Deicmar. Portanto, as concentrações de Bário acima dos valores orientadores não parecem estar relacionadas com as atividades da empresa em questão. Porém, como a área toda foi aterrada, este elemento poderia estar presente no material utilizado como aterro, uma vez que foi constatada a sua ocorrência em praticamente toda a área (com exceção do ponto P02).

De acordo com os resultados obtidos foi proposto o detalhamento de alguns pontos conforme apresentado no relatório técnico “Plano de Ação - Deicmar – IPA” entregue em maio de 2006.

Em maio de 2007 a Deicmar deu continuidade aos estudos seguindo as recomendações propostas pela CPEA em 2006. Neste estudo, foram realizadas cinco sondagens adicionais de solo superficial (S01 a S05) e instalados quatro poços de monitoramento (PM-01 a PM-04), onde foram analisados solo e água subterrânea. Desta forma foram analisadas nove amostras de solo e quatro de água subterrânea, segue abaixo um resumo dos resultados obtidos:

- Nenhum composto ou elemento químico foi quantificado acima dos valores orientadores de intervenção;

- Foram quantificados acima do valor orientador de prevenção:
  - Bário: amostras (S-04 e S-05);
  - Indeno(1,2,3-cd)pireno, antraceno e benzo(g,h,i)perileno: amostras (S-01 a S-03);
  - Benzo(a)antraceno: amostra S-03;
  - PCB: na amostra de solo oriunda do PM-04.

Como foram quantificados alguns compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC) no solo superficial acima do valor orientador de prevenção na Área 2, recomendou-se a avaliação da água subterrânea, nas proximidades dos pontos de sondagem (S1 a S3) para a avaliação da presença de SVOC na água subterrânea nesta área (Área 2).

Recomendou-se também que fosse realizada uma campanha de monitoramento em todos os poços instalados para avaliação de metais e semi-metais na água subterrânea e que os poços de monitoramento fossem mantidos e conservados para eventuais monitoramentos da água subterrânea da área em questão.

## **CAPÍTULO 3**

### **ATIVIDADES DE CAMPO**

#### **3.1. DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS**

Para a realização da investigação da área do IPA, os pontos amostrais (PM-05 e PM-06) foram definidos com base nos resultados das sondagens de solo superficial realizadas de maio de 2007. O PM-07 foi locado com o intuito de funcionar como um branco de campo, a montante do fluxo preferencial de água subterrânea.

A Figura com a localização dos pontos de coleta é apresentada no Anexo 1 do presente documento.

#### **3.2. INSTALAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO**

Foram instalados na área do IPA três poços de monitoramento, construídos com base na norma NBR 13.895, “Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem – Procedimentos” da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, e a norma 6410, “Amostragem e Monitoramento das Águas Subterrâneas”, da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, que também dispõe sobre a construção de poços de monitoramento.

Os poços de monitoramento foram instalados entre os dias 01 e 03 de outubro de 2007 pela empresa ASA – Assessoria e Serviços Ambientais com o acompanhamento de técnicos da CPEA. A Tabela 1 apresenta um resumo dos dados dos poços de monitoramento instalados.

**Tabela 1 - Dados de campo dos poços de monitoramento.**

ID do poço	Coord. (N)	Coord. (E)	Cota do tubo (Z)	Data da instalação	N.A. após instalação	Diâm. do poço	Seção filtrante	Prof. do poço	Prof. final da sondagem
PM-05	73.534.404.651,00	3.630.500.798,00	1,662	01 e 02/10/07	1,00m	2 <sup>''</sup>	3	3,52m	3,52m
PM-06	73.533.636.605,00	3.629.520.895,00	1,66	1/10/2007	2,40m	2 <sup>''</sup>	3	3,59m	4,30m
PM-07	73.533.080.091,00	3.628.813.239,00	1,669	02 e 03/10/07	1,30m	2 <sup>''</sup>	3	3,62m	4,00m

O perfil construtivo dos poços de monitoramento é apresentado no Anexo 2.

### 3.3. COLETA DE SOLO SUBSUPERFICIAL

Para a realização da investigação ambiental da área do IPA foram coletadas três amostras de solo durante a instalação dos poços de monitoramento (uma amostra para cada poço de monitoramento). Todo o procedimento de coleta de solo atendeu às exigências da Norma CETESB de 1988 para “Amostragem de Solo” constante no “Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, Projeto CETESB – GTZ”, atualizado em 1999. A Tabela 2 apresenta os dados de campo da coleta.

**Tabela 2 - Dados de campo da coleta de solo**

Ponto	Data	Hora	Profundidade da amostra (m)
PM 05	02/10/2007	16:20	2,0
PM 06	01/10/2007	10:05	2,2
PM 07	03/10/2007	14:30	2,0

As amostras de solo dos poços de monitoramento foram encaminhadas para o laboratório para análise de compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC) com exceção da amostra do PM-07 que também foi enviada para análise de metais e semi-metais.

As condições de armazenamento e preservação das amostras estão apresentadas na Tabela 3 e as respectivas cadeias de custódia no Anexo 3. Todas as amostras foram conservadas na temperatura  $4 \pm 2$  °C desde o momento da coleta até o envio ao laboratório responsável pela análises.

**Tabela 3 - Condições de armazenamento e preservação das amostras**

Parâmetros	Método de análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra (g)	Prazo para análise
SVOC	EPA 3550/8270	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga.	Refrigeração a 4°C	100	14 dias até a extração; 40 dias após a extração
Metais	EPA 3050B/6010 EPA 7471 (Hg)	Frascos de vidro com tampa rosqueável e boca larga	Refrigeração a 4°C	100	6 meses, Hg 28 dias

### 3.4. TOPOGRAFIA E COTAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO

No dia 08 de outubro de 2007 foi realizado o levantamento topográfico dos sete poços de monitoramento instalados na área da Deicmar para obtenção das coordenadas geográficas UTM e da cota absoluta dos poços que são utilizadas na elaboração da superfície potenciométrica e configuração do sentido de fluxo de água subterrânea na área.

### 3.5. AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

As amostragens de água subterrânea nos sete poços de monitoramento foram realizadas com a utilização de coletores tipo *bailers*, descartáveis. As amostras de metais e semi-metais foram filtradas em campo com filtros apropriados para este procedimento.

A purga dos poços de monitoramento atendeu às exigências da norma CETESB de 1999 para “Amostragem e Monitoramento de Águas Subterrâneas” constante no “Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, Projeto CETESB – GTZ”.

As amostras de água foram coletadas dia 30 de outubro de 2007. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em frascos apropriados a cada análise a ser realizada. A profundidade do nível d'água dos poços de monitoramento foi aferida com equipamento apropriado. Os resultados do nível d'água antes da purga e antes da coleta estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Dados de campo da purga dos poços de monitoramento.**

Ponto	Data	Hora da coleta	Hora da Purga	NA (m) antes da purga	NA (m) antes da coleta
PM 01	30/10	13:30	9:00	1,65	1,65
PM 02	30/10	13:20	9:55	0,34	0,30
PM 03	30/10	13:35	9:30	1,45	1,45
PM 04	30/10	14:00	10:20	0,29	0,34
PM 05	30/10	15:10	12:00	0,02	0,02
PM 06	30/10	14:45	11:30	0,33	0,18
PM 07	30/10	14:20	11:00	0,85	0,85

As amostras de águas coletadas foram envasadas em frascaria apropriada fornecida pelo laboratório Corplab, responsável pelas análises. Todas as amostras foram conservadas na temperatura  $4 \pm 2$  °C desde o momento da coleta até o envio ao laboratório.

As amostras de água subterrânea coletadas foram analisadas para os seguintes parâmetros: PM-01 a 04 metais e semi-metais e PM-05 a 07 metais e semi-metais e compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC).

O protocolo de preservação e armazenamento das amostras consta na Tabela 5 e as respectivas cadeias de custódia no Anexo 3.

**Tabela 5 - Condições de armazenamento e preservação das amostras de água subterrânea**

Parâmetros	Método de análise	Recipiente de armazenamento	Preservação	Quantidade de amostra (mL)	Prazo para análise
SVOC	EPA 3510/8270	Frascos de vidro âmbar	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> até pH<2 Refrigeração a 4°C	1000	7 dias até a extração; 40 dias após a extração
Metais e semi-metais <b>filtrados em campo</b>	EPA 6010 EPA 7470 (Hg)	Frascos de Plástico	HNO <sub>3</sub> Refrigeração a 4°C	250	6 meses, 28 dias Hg

### 3.5.1. Medições físicas e químicas em Campo

Durante a coleta de água subterrânea foram realizadas medições dos seguintes parâmetros físico e químicos: pH, condutividade elétrica, temperatura, salinidade e sólidos totais dissolvidos com o auxílio da Sonda Multiparamétrica Hanna modelo 9828.

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS OBTIDOS**

#### **4.1. GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA**

Regionalmente, a geologia da área caracteriza-se por sedimentos quaternários depositados em ambiente fluvio-lacustrino. Desse modo, ocorrem camadas intercaladas de argilas, muitas vezes orgânicas, de areia e de litologias intermediárias. A Figura 1 apresenta o mapa geológico regional.

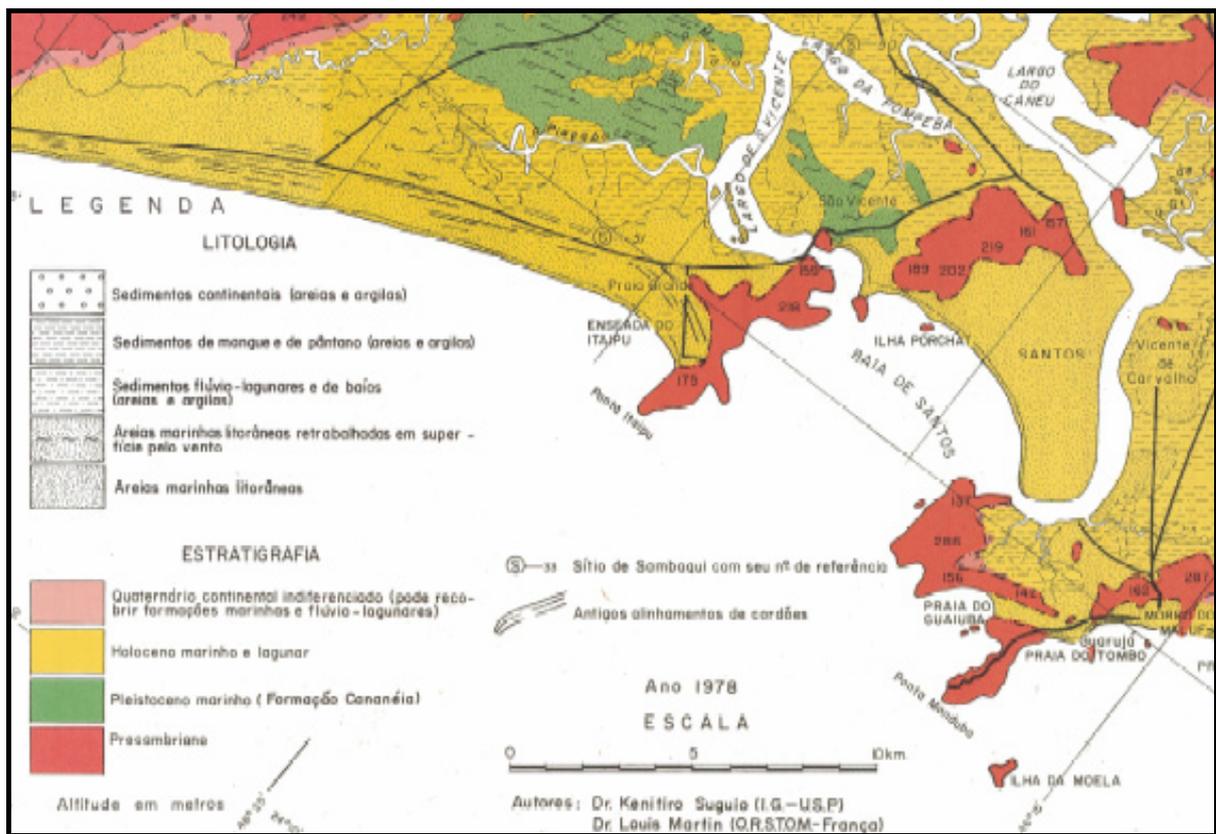


Figura 1 - Mapa geológico regional de Santos. Fonte: Secretaria Estadual de Obras e Meio Ambiente/DAEE - 1978 - escala original 1:100.000.

As sondagens realizadas para instalação dos três poços de monitoramento atingiram a profundidade máxima de 4,30m. A litologia observada com estas sondagens apresenta de forma resumida as seguintes características:

- Camada de aterro formado por material arenoso (granulação fina à grossa) pouco argiloso, de coloração variegada (cinza, amarela, marrom e vermelha), friável, úmido com espessura métrica.
- Silte com areia fina muito pouco argilosa, coloração acinzentada com porções marrom avermelhadas, bastante micácea, com espessura decimétrica à métrica.
- Argila rica em matéria orgânica pouco arenosa, coloração cinza escura à preta, bastante plástica, molhada.

Na área o aquífero principal é do tipo poroso e livre com nível de água sub-aflorante sutilmente influenciado pela variação da maré.

#### 4.1.1 Fluxo Subterrâneo

Para obter o nível potenciométrico local, foi efetuado um levantamento topográfico dos três novos poços de monitoramento instalados (PM-05, PM-06 e PM-07) assim como os poços antigos (PM-01, PM-02, PM-03 e PM-04) foram cartografados através de um levantamento planialtimétrico, onde foram definidas suas coordenadas (UTM) e cotas absolutas.

Este levantamento foi realizado por empresa especializada, a MOURA TOPOGRAFIA E OBRAS Ltda. no dia 08 de outubro de 2007. Para tal, foi utilizado equipamento tipo 'Estação Total' com auxílio de GPS para georreferenciamento dos pontos.

As coordenadas (X,Y,Z) dos poços de monitoramento instalados são apresentadas na Tabela 6 a seguir e a localização em planta destes poços é apresentada no Anexo 1.

**Tabela 6 - Relação das coordenadas e cotas dos poços.**

Identificação do poço	Coordenada (N)	Coordenada (E)	Cota do tub (m)	Cota do terreno (m)
PM-01	7353580.1154	363279.2124	1,506	1,581
PM-02	7353592.8197	363188.7678	1,816	1,897
PM-03	7353520.3837	363175.4189	1,836	1,930
PM-04	7353512.9707	363006.5566	1,291	1,291
PM-05	7353440.4651	363050.0798	1,662	1,787
PM-06	7353363.6605	362952.0895	1,660	1,775
PM-07	7353308.0091	362881.3239	1,669	1,798

Durante o período de instalação dos novos poços foram realizadas medições em diferentes períodos, do nível de água até o término da instalação do último poço. Estas medições são apresentadas na Tabela 7 e a princípio não permitem visualizar uma influência da maré nos níveis de água dos poços de monitoramento.

**Tabela 7 - Dados de medição de nível de água subterrânea.**

Data/Maré <sup>(1)</sup>	Hora	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
01/10/07 Mín.- 0,5m (12:13) Máx.- 1,1m (04:56)	10:20h	1,63	0,32	1,72	0,38	-X-	-X-	-X-
	13:30h	1,62	0,3	1,72	0,37	-X-	-X-	-X-
02/10/07 Mín.- 0,3m (00:04) Máx.- 0,9m (16:32)	08:30h	1,64	0,35	1,73	0,39	-X-	0,66	-X-
	15:10h	1,61	0,32	1,71	0,38	0,58	0,63	-X-
03/10/07 Máx.- 1,0m (11:17)	13:20h	1,61	0,29	1,73	0,39	0,52	0,68	1,51
08/10/07 Mín.- 0,1m	10:45h	1,65	0,36	1,70	0,42	0,57	0,80	1,53

Data/Maré <sup>(1)</sup>	Hora	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
(07:06) Máx.- 1,3m (13:45)	13:00h	1,55	0,34	1,70	0,42	0,56	0,79	1,52

Legenda:

X – não medido

(1) – DHN/CHM/BNDO – Tábua das Marés medidas no Porto de Santos(SP) em Out/07

As medições foram feitas com o auxílio de um medidor elétrico de nível, determinando-se a profundidade do nível de água em cada ponto, em relação à cota da boca do tubo do poço (carga hidráulica).

Na Tabela 8 são apresentados os dados hidrogeológicos dos poços de monitoramento utilizados na elaboração do mapa potenciométrico.

Os dados de cargas hidráulicas selecionadas para a geração do mapa potenciométrico correspondem à medição do dia 08/10/07 no período da manhã seguramente, após 24h da realização do desenvolvimento dos poços, estando, assim, os níveis de água em consonância com o regime natural de variação do nível de água do aquífero raso.

O mapa potenciométrico foi gerado com auxílio de um software denominado Surfer versão 8, cujo método de interpolação de dados foi o de mínima curvatura.

**Tabela 8 - Relação das coordenadas dos poços e cargas hidráulicas.**

Ponto	Coordenadas UTM		Cota do tubo (m)	Cota do N.A. (08.10.07) 10:45h (m)	Carga hidráulica (m)
	X	Y			
PM-01	7353580.1154	363279.2124	1,506	1,65	-0,144
PM-02	7353592.8197	363188.7678	1,816	0,36	1,456
PM-03	7353520.3837	363175.4189	1,836	1,70	0,136
PM-04	7353512.9707	363006.5566	1,291	0,42	0,871
PM-05	7353440.4651	363050.0798	1,662	0,57	1,092
PM-06	7353363.6605	362952.0895	1,660	0,80	0,86
PM-07	7353308.0091	362881.3239	1,669	1,53	0,139

O Anexo 4 apresenta o mapa potenciométrico interpretado cujas principais características são:

- Verifica-se que o fluxo subterrâneo local apresenta duas componentes principais nos sentidos noroeste e nordeste, rumo ao estuário.
- Gradiente hidráulico de 0,003 (calculado entre PM-05 e PM-04) para componente noroeste e gradiente hidráulico de 0,006 (calculado entre PM-05 e PM-03) correspondente a componente nordeste.
- A superfície potenciométrica apresenta curvas equipotenciais com tendência de adensamento próximo ao PM-07. A maior variação das cargas hidráulicas medidas ocorre entre as cotas 1,46 (PM-02) e -0,14 (PM-01), respectivamente a maior e a menor carga hidráulica.

## 4.2. ANÁLISES QUÍMICAS

### 4.2.1. Resultados do solo

Os resultados de solo foram comparados com a lista de valores orientadores da CETESB (2005): valores de prevenção (VP) e valores de intervenção industrial (VI), seguindo as diretrizes da Decisão de Diretoria da CETESB (2007). Alguns parâmetros analisados não são contemplados pela Cetesb (2005), desta forma optou-se por utilizar como referencia os valores de intervenção da Lista Holandesa (2000).

#### 4.2.1.1. Metais e semi-metais no solo

A Tabela 9 apresenta dos resultados de metais e semi-metais analisados no solo do poço de monitoramento PM-07.

Tabela 9 - Resultados de metais e semi-metais no solo (mg/kg)

Parâmetros	Valores orientadores (Cetesb, 2005)		PM-07
	Prevenção	Intervenção Industrial	
Alumínio			22.498,0
Antimônio	2	25	<0,33
Arsênio	15	150	1,56
Bário	150	750	200,0
Boro			<13,2
Cádmio	1,3	20	1,19
Chumbo	72	900	25,5
Cobalto	25	90	13,8
Cobre	60	600	8,16
Cromo	75	400	3,40
Ferro			14.243,0
Manganês			191,0
Molibdênio	30	120	<0,66
Níquel	30	130	1,77
Prata	2	100	<0,66
Selênio	5		<2,63
Vanádio			31,0
Zinco	300	2000	44,2
Mercurio	0,5	70	<0,37

Legenda:

 Acima de prevenção

 Acima de intervenção industrial

Conforme apresentado na Tabela 9, apenas o bário apresentou resultados acima do valor orientador de prevenção. Na campanha em maio de 2007 foram coletadas amostras de solo próximo ao PM-07 (sondagens S-04 e S-05) que também apresentaram resultados de bário acima dos valores de prevenção.

#### **4.2.1.2. Compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC) no solo**

A Tabela 10 apresenta os resultados de SVOC no solo dos poços de monitoramento PM-05 a PM-07.

Conforme apresentado na Tabela 10, apenas o hidrocarboneto policíclico aromático (HPA) antraceno foi quantificado acima do valor orientador de prevenção no PM-05. Nas sondagens realizadas anteriormente na área (S-01 a S-03) o antraceno e outros HPA também foram quantificados acima de VP.

O valor orientador de prevenção é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizado para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida a nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes proceder o monitoramento dos impactos decorrentes (CETESB, 2005).

Neste caso, não houve no passado e não há no presente aplicação de substâncias no solo, os níveis de compostos orgânicos semi-voláteis quantificados no solo podem ser oriundos de atividades realizadas no passado, ou mesmo liberações pontuais. Como não há valor de intervenção para o composto antraceno, é recomendável a avaliação da presença deste composto na água subterrânea, conforme apresentado nos itens a seguir.

Tabela 10 - Resultados de SVOC no solo (mg/kg)

Parâmetros	Valores orientadores		Holanda	PM-05	PM-06	PM-07
	Prevenção	Intervenção Industrial	Intervenção			
1,2,4-triclorobenzeno	0,011	40		<0,135	<0,176	<0,171
1,2-diclorobenzeno	0,73	400		<0,135	<0,176	<0,171
1,3-diclorobenzeno	0,39			<0,135	<0,176	<0,171
1,4-diclorobenzeno	0,39	150		<0,135	<0,176	<0,171
2,4,5-triclorofenol	0,11			<0,045	<0,059	<0,057
2,4,6-triclorofenol	1,5	20		<0,135	<0,176	<0,171
2,4-diclorofenol	0,031	6		<0,045	<0,059	<0,057
2,4-dimetilfenol				<0,135	<0,176	<0,171
2,4-dinitrofenol				<0,135	<0,176	<0,171
2,4-dinitrotolueno				<0,135	<0,176	<0,171
2,6-dinitrotolueno				<0,135	<0,176	<0,171
2-clorofenol	0,055	2		<0,045	<0,059	<0,057
2 - cloronaftaleno*			10	<0,135	<0,176	<0,171
2-metilfenol				<0,045	<0,059	<0,057
3-metilfenol				<0,045	<0,059	<0,057
4-metilfenol				<0,045	<0,059	<0,057
Cresóis (2 + 3 + 4-metilfenol)	0,16	19		<0,045	<0,059	<0,057
2-metilnaftaleno				<0,135	<0,176	<0,171
2-nitroanilina				<0,224	<0,294	<0,286
2-nitrofenol				<0,135	<0,176	<0,171
3,3-diclorobenzidina				<0,224	<0,294	<0,286
3-nitroanilina				<0,224	<0,294	<0,286
4,6-dinitro-2-metilfenol				<0,135	<0,176	<0,171
4-bromofenil fenil éter				<0,135	<0,176	<0,171
4-cloro-3-metilfenol				<0,135	<0,176	<0,171
4-cloroanilina				<0,079	<0,103	<0,100
4-clorofenil fenil éter				<0,135	<0,176	<0,171
4-nitroanilina				<0,224	<0,294	<0,286
4-nitrofenol				<0,135	<0,176	<0,171
Acenaftleno				<0,135	<0,176	<0,171
Acenafteno				<0,135	<0,176	<0,171
Antraceno	0,039			0,047*J	<0,059	<0,057
Benzo(a)antraceno	0,025	65		<0,045	<0,059	<0,057
Benzo(a)pireno	0,052	3,5		<0,045	<0,059	<0,057
Benzo(b)fluoranteno				<0,135	<0,176	<0,171
Benzo(g,h,i)perileno	0,37			<0,135	<0,176	<0,171
Benzo(k)fluoranteno	0,38			<0,135	<0,176	<0,171
Bis(2-cloroetoxi)metano				<0,135	<0,176	<0,171
Bis-(2-cloroetil)éter				<0,135	<0,176	<0,171
2,2-Oxibis(1-cloropropano)				<0,135	<0,176	<0,171
Bis(2-etilhexil)ftalato (DEHP)	0,6	10		<0,202	<0,265	<0,257
Butilbenzilftalato				<0,224	<0,294	<0,286
Carbazole				<0,135	<0,176	<0,171
Criseno	8,1			<0,135	<0,176	<0,171
Dibenzo(a,h)antraceno	0,08	1,3		<0,045	<0,059	<0,057
Dibenzo(f)urano				<0,135	<0,176	<0,171
Diethylftalato				<0,202	<0,265	<0,257
Dimetil ftalato	0,25	3		<0,067	<0,088	<0,086
Di-n-octilftalato				<0,202	<0,265	<0,257
Di-n-butilftalato	0,7			<0,202	<0,265	<0,257
Fenol	0,2	15		<0,112	<0,147	<0,143
Fluoranteno				<0,135	<0,176	<0,171
Fluoreno				<0,135	<0,176	<0,171
Hexaclorobenzeno	0,003	1		<0,045	<0,059	<0,057
Hexaclorobutadieno				<0,135	<0,176	<0,171
Hexaclorociclopentadieno				<0,135	<0,176	<0,171
Hexacloroetano				<0,135	<0,176	<0,171
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,031	130		<0,045	<0,059	<0,057
Isoforona				<0,135	<0,176	<0,171
Naftaleno	0,12	90		<0,045	<0,059	<0,057
Nitrobenzeno				<0,135	<0,176	<0,171
n-nitrosodifenilamina				<0,135	<0,176	<0,171
n-nitroso-di-n-propilamina				<0,135	<0,176	<0,171
Fenantreno	3,3	95		<0,135	<0,176	<0,171
Pentaclorofenol	0,16	3		<0,045	<0,059	<0,057
Pireno				<0,135	<0,176	<0,171
3,4-diclorofenol	0,051	6		<0,045	<0,059	<0,057
2,3,4,5-tetraclorofenol	0,092	50		<0,045	<0,059	<0,057
2,3,4,6-tetraclorofenol	0,011	7,5		<0,045	<0,059	<0,057

Legenda:

Acima de prevenção

\*J Entre limite de detecção e limite de quantificação

\*Cloronaftaleno

#### 4.2.2. Resultados da água subterrânea

Os resultados da água subterrânea foram comparados com a lista de valores orientadores da CETESB (2005) - valor de intervenção. Alguns parâmetros analisados não são contemplados pela Cetesb (2005), desta forma optou-se por utilizar como referência os valores baseados em risco a saúde humana da Portaria de Potabilidade nº 518/2004 do Ministério da Saúde e em seguida os valores de intervenção da Lista Holandesa (2000).

##### 4.2.2.1. Parâmetros físicos e químicos na água subterrânea

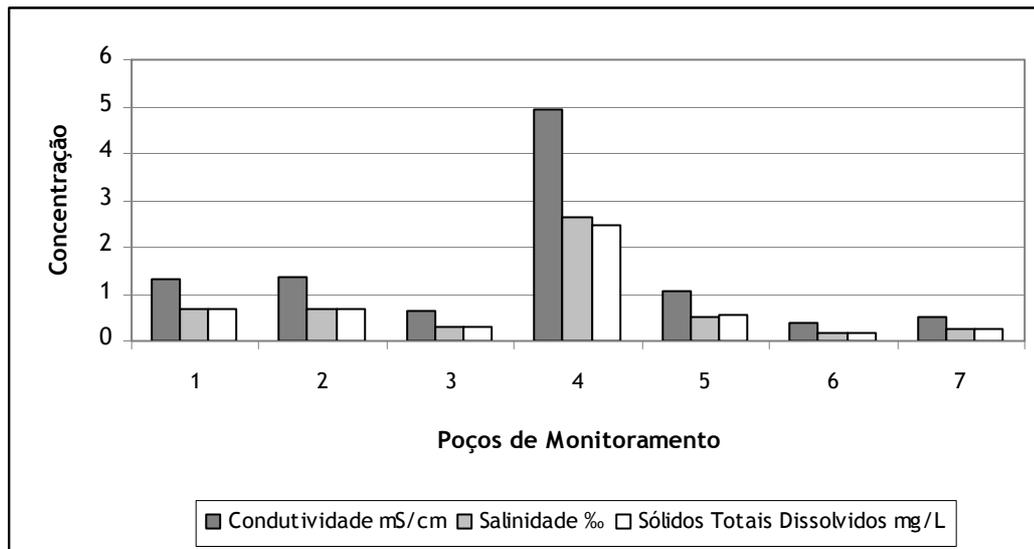
A Tabela 11 apresenta os resultados físico e químicos na água subterrânea dos sete poços existentes na área da Deicmar.

Tabela 11 - Resultados físicos e químicos na água subterrânea

Ponto	Data	Hora	pH	Condutividade	Salinidade	Sólidos Totais Dissolvidos	Temperatura °C
				mS/cm	‰	mg/L	
PM-01	30/10	13:00	6,65	1,324	0,67	0,666	23,40
PM-02	30/10	13:20	11,84	1,354	0,67	0,677	27,36
PM-03	30/10	13:35	7,49	0,621	0,3	0,31	25,32
PM-04	30/10	14:00	6,55	4,925	2,64	2,465	25,31
PM-05	30/10	15:10	6,67	1,066	0,52	0,533	27,22
PM-06	30/10	14:45	6,25	0,367	0,17	0,183	27,67
PM-07	30/10	14:20	6,54	0,529	0,26	0,265	25,67

Conforme apresentado na Tabela 11 o pH do PM-01 e PM-04 a 07 obteve pouca variação nos resultados (6,25 a 6,67) e indicando uma água com características levemente ácidas. O PM-03 e 02 os resultados foram superiores, quando comparados ao demais PM da área: 7,49 e 11,84 respectivamente, indicando água com característica levemente alcalina.

Os resultados de condutividade elétrica variaram de 0,367 mS/cm no PM-06 a 4,925 mS/cm no PM-04. A salinidade e sólidos totais dissolvidos obtiveram os mesmos resultados da condutividade: os menores resultados no PM-06 (0,17‰ e 0,183mg/L) e os maiores resultados no PM-04 (2,64‰ e 2,645mg/L). A Figura 2 ilustra a corroboração dos resultados de condutividade com os resultados de salinidade e sólidos totais dissolvidos nos poços de monitoramento.



**Figura 2 - Resultados de condutividade, salinidade e sólidos totais dissolvidos.**

Observa-se também que os resultados de salinidade são superiores nos poços de monitoramento próximo ao Canal do Porto de Santos (PM-01, 02 e 04), isto pode ser caracterizado pela eventual influencia da maré na água subterrânea. O PM-04 apresentou resultados muito superiores aos demais pontos, pois está instalado próximo a regiões sob influencia da maré.

#### **4.2.2.2. Metais e semi-metais na água subterrânea**

A Tabela 12 apresenta os resultados de metais e semi-metais nos poços de monitoramento PM-01 a PM-07.

Tabela 12 - Resultados de metais e semi-metais na água subterrânea (ug/L)

Parâmetros	Valor de intervenção (CETESB, 2005)	PONTOS DE COLETA						
		PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07
Alumínio	200	<100	4.519,0	<100	<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	19,9	20,6	<10,0
Bário	700	<100	161	134	681	170	<100	511
Boro	500	<200	284	<200	251	<200	<200	<200
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	16,2
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
Ferro	300	<300	<300	<300	53.906,0	49.085,0	18.249,0	23.885,0
Manganês	400	<10,0	<10,0	574	1.307,0	5.332,0	2.497,0	4.638,0
Molibdênio	70	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0
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		<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
Zinco	5000	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
Mercurio	1	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00

Legenda:

Acima de intervenção

Foram analisados metais e semi-metais nos sete poços de monitoramento da área conforme recomendado pelo Relatório Técnico CPEA-404 (maio, 2007).

Conforme apresentado na Tabela 12 os seguintes metais e semi-metais foram quantificados acima do valor de intervenção para água subterrânea:

- Alumínio: PM-02;
- Arsênio: PM-05 e PM-06;
- Cobalto: PM-07;
- Ferro: PM- 04 a PM-07; e
- Manganês: PM-03 a PM-07.

O bário foi quantificado abaixo do valor de intervenção nos PM-02 a PM-05 e PM-07 e o boro no PM-02 e PM-04. Os demais metais e semi-metais não foram quantificados.

#### 4.2.2.3. Compostos orgânicos semi-voláteis na água subterrânea

Conforme apresentado na Tabela 13 não foram quantificados SVOC nos poços de monitoramento PM-05 a PM-07.

Tabela 13 - Resultados de SVOC na água subterrânea (ug/L)

Parâmetros	Valor de intervenção (CETESB, 2005)	PONTOS DE COLETA		
		PM-05	PM-06	PM-07
1,2,4-triclorobenzeno	20	< 2	< 2	< 2
1,2-diclorobenzeno	1000	< 2	< 2	< 2
1,3-diclorobenzeno		< 2	< 2	< 2
1,4-diclorobenzeno	300	< 1,5	< 1,5	< 1,5
2,4,5-triclorofenol	10,5	< 2	< 2	< 2
2,4,6-triclorofenol	200	< 2	< 2	< 2
2,4-diclorofenol	10,5	< 2	< 2	< 2
2,4-dimetilfenol		< 2	< 2	< 2
2,4-dinitrofenol		< 2	< 2	< 2
2,4-dinitrotolueno		< 2	< 2	< 2
2,6-dinitrotolueno		< 2	< 2	< 2
2-clorofenol	10,5	< 2	< 2	< 2
2 - Cloronaftaleno		< 2	< 2	< 2
2-metilfenol		< 2	< 2	< 2
3-metilfenol		< 2	< 2	< 2
4-metilfenol		< 2	< 2	< 2
Cresóis (2+3+4-metilfenol)	175	< 2	< 2	< 2
2-metilnaftaleno		< 10	< 10	< 10
2-nitroanilina		< 2	< 2	< 2
2-nitrofenol		< 2	< 2	< 2
3,3-diclorobenzidina		< 1,5	< 1,5	< 1,5
3-nitroanilina		< 2	< 2	< 2
4,6-dinitro-2-metilfenol		< 10	< 10	< 10
4-bromofenil fenil eter		< 10	< 10	< 10
4-cloro-3-metilfenol		< 2	< 2	< 2
4-cloroanilina		< 10	< 10	< 10
4-clorofenil fenil eter		< 2	< 2	< 2
4-nitroanilina		< 2	< 2	< 2
4-nitrofenol		< 2	< 2	< 2
Acenaftileno		< 2	< 2	< 2
Acenafteno		< 2	< 2	< 2
Antraceno		< 2	< 2	< 2
Benzo(a)antraceno	1,75	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Benzo(a)pireno	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Benzo(b)fluoranteno		< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(g,h,i)perileno		< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(k)fluoranteno		< 0,05	< 0,05	< 0,05
Bis(2-cloroetoxy)metano		< 2	< 2	< 2
Bis-(2-cloroetil)eter		< 2	< 2	< 2
2,2-Oxibis(1-cloropropano)		< 10	< 10	< 10
Bis(2-ethylhexil)ftalato (DEHP)	8	< 2	< 2	< 2
Butilbenzilftalato		< 2	< 2	< 2
Carbazole		< 2	< 2	< 2
Criseno		< 0,1	< 0,1	< 0,1
Dibenzo(a,h)antraceno	0,18	< 0,18	< 0,18	< 0,18
Dibenzofurano		< 10	< 10	< 10
Diethylftalato		< 2	< 2	< 2
Dimetil ftalato	14	< 2	< 2	< 2
Di-n-octilftalato		< 2	< 2	< 2
Di-n-butilftalato		< 2	< 2	< 2
Fenol	140	< 1	< 1	< 1
Fluoranteno		< 0,3	< 0,3	< 0,3
Fluoreno		< 2	< 2	< 2
Hexaclorobenzeno	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Hexaclorobutadieno		< 0,75	< 0,75	< 0,75
Hexaclorociclopentadieno		< 2	< 2	< 2
Hexacloroetano		< 2	< 2	< 2
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,17	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Isoforona		< 2	< 2	< 2
Naftaleno	140	< 2	< 2	< 2
Nitrobenzeno		< 2	< 2	< 2
n-nitrosodifenilamina		< 2	< 2	< 2
n-nitroso-di-n-propilamina		< 0,1	< 0,1	< 0,1
Fenantreno	140	< 2	< 2	< 2
Pentaclorofenol	9	< 2	< 2	< 2
Pireno		< 2	< 2	< 2
3,4-diclorofenol	10,5	< 2	< 2	< 2
2,3,4,5-tetraclorofenol	10,5	< 2	< 2	< 2
2,3,4,6-tetraclorofenol	10,5	< 2	< 2	< 2

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando-se os trabalhos realizados e os resultados obtidos pode-se concluir:

- 1) Não há ocorrência de concentrações de metais e semi-metais no solo acima dos valores de intervenção da CETESB, apenas concentrações de bário no entorno de PM-7 acima do valor orientador de prevenção. Estas ocorrências não parecerem ser oriundas de atividades antrópicas;
- 2) Quanto aos compostos policíclicos aromáticos (HPA), foi quantificado antraceno no solo acima do valor de prevenção (PM-5);
- 3) Na água subterrânea foram quantificados alumínio (PM-2), arsênio (PM-5 e PM-6), cobalto (PM-7), ferro (PM-4 a PM-7) e manganês (PM-3 a PM-7), acima dos valores de intervenção;
- 4) A presença de ferro e manganês na água subterrânea em concentrações acima de VI é comum, pois esses elementos tendem a se acumular nos solos residuais e nos sedimentos argilosos e, em determinadas condições hidrogeoquímicas, podem ser mobilizados do solo para a água subterrânea, notadamente quando o pH é ácido e o ambiente é redutor ou pouco oxidante. No caso, o pH das amostras é levemente ácido o que tende a corroborar a hipótese. Medições futuras do potencial de oxido-redução poderão dar sustentação.
- 5) A situação de presença de alumínio em concentração razoavelmente elevada e pH básico na amostra de água do PM-2 é contraditória uma vez que em geral a concentração de alumínio não deveria ser elevada.

De acordo com os resultados obtidos nas campanhas de investigação realizadas até o momento na área da Deicmar, recomenda-se o monitoramento anual da água subterrânea em todos os poços de monitoramento durante dois anos. Sendo que a amostragem deve ser realizada em todos os poços de monitoramento para análise de  $E_H$ , pH, condutividade, nível d'água, HPA, metais e semi-metais (incluindo  $Fe^{2+}$ ), e PCB.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (2001): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF, 21<sup>th</sup> edição.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2001). Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo – SP.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005). Revisão dos valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Decisão de diretoria 195-2005-E.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1988). Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água.
- Ministério da Saúde (2004). Portaria nº 518 de 24 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.
- NBR 13.895/97: Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1997.
- NBR-6484/80 - Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento dos Solos – Método de Ensaio. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), 1980.
- NETHERLANDS – Ministry of Spatial Planning Housing and Environmental (2000). The circular on target values and intervention values for soil remediation.
- USEPA – U.S. Environmental Protection Agency (2002). Ground water sampling guidelines for superfund and RCRA project managers – Ground water forum issue paper. Office of Solid waste and emergency response. EPA-542-S-02-001, 53 p.

## 7. EQUIPE TÉCNICA

**Patrícia Ferreira Silvério** – Química, Msc, Dr

**Sérgio Hiroshi Ogihara** – Geólogo, Msc

**Gabriela Maria Arantes Rodrigues** – Tecnóloga em Gestão Ambiental

**Sergio Crepaldi** – Tecnólogo em Gestão Ambiental

**Rodrigo Machado** – Técnico Ambiental

**Vanessa Ferreira Rocha** – Técnica Ambiental

**Itamar Araújo Barbosa** – Geólogo

**Élder Barbosa Santana** - Técnico Ambiental

**Jodaílson Sondagens** – Perfuração e instalação dos poços de monitoramento.

**Moura Topografia e Obras Ltda.** – Levantamento planialtimétrico dos poços de monitoramento.



## ANEXOS

## ANEXO 1

### FIGURA COM LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA



## ANEXO 2

### PERFIL CONSTRUTIVOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO



## ANEXO 3

### CADEIAS DE CUSTÓDIA E LAUDOS ANALITICOS



## ANEXO 4

### MAPA POTENCIOMÉTRICO



ANEXO 5

ART