

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC



30900011616

**AMOSTRAGEM DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COM
MÉTODO UTILIZANDO *BAILERS* E COM BAIXA VAZÃO
NA ÁREA DO POSTO TREZE CRUZ DE MALTA**

Daniel Nogawa

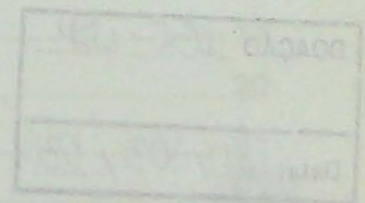
Orientador: Prof. Dr. Uriel Duarte

Co-Orientador: Prof. Dr. Everton de Oliveira



TRABALHO DE FORMATURA

TF- 2002/11



SÃO PAULO
2002

TF
N775
D.a

TP
N775
D. a

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

AMOSTRAGEM DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COM
MÉTODO UTILIZANDO BAILERS E COM BAIXA VAZÃO
NA ÁREA DO POSTO TREZE CRUZ DE MALTA

Daniel Nogueira

Orientador Prof. Dr. Uziel Duarte

Co-Orientador Prof. Dr. Everson de Oliveira

DOAÇÃO IGC-USP
Data: 20/03/03

TRABALHO DE FORMATURA

TF-2002M1

SÃO PAULO
2002

ÍNDICE

1 RESUMO	1
2 ABSTRACT	2
3 INTRODUÇÃO	3
4 OBJETIVOS	3
5 HISTÓRICO DA CONTAMINAÇÃO	4
6 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	5
6.1 CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	5
6.2 PADRÕES DE REFERÊNCIA PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA	5
6.3 AMOSTRAGEM COM BAIXA VAZÃO	5
7 METODOLOGIA	8
7.1 MÉTODO UTILIZANDO <i>BAILERS</i>	8
7.2 AMOSTRAGEM COM BAIXA VAZÃO	10
8 TRABALHOS REALIZADOS	14
9 RESULTADOS OBTIDOS	16
9.1 INSTALAÇÃO DE POÇOS	16
9.2 MONITORAMENTO DE POÇOS	18
9.3 AMOSTRAGEM DE POÇOS	20
9.3.1 AMOSTRAGEM DE POÇOS COM BAIXA-VAZÃO	21
9.3.2 AMOSTRAGEM DE POÇOS COM <i>BAILERS</i>	24
10 INTERPRETAÇÕES	26

1 RESUMO

O método utilizando *bailers* é o mais usado para se purgar poços e amostrar águas subterrâneas. Esse método pode causar diversos impactos e distúrbios na qualidade da amostra.

Isso pode ser evitado por meio do método de amostragem com baixa vazão, por permitir o controle do rebaixamento do nível d'água, minimizando a mistura da camada estagnada no topo do poço com a água dos intervalos dos filtros.

Esse projeto apresenta a comparação dos resultados obtidos das amostragens de água subterrânea utilizando *bailers* e amostragem com baixa vazão, na área do Posto Treze Cruz de Malta, localizado na cidade de São Paulo, SP.

Observou-se que, de maneira geral, no método utilizando *bailers* as concentrações de BTEX nos poços de monitoramento foram menores que os resultados da amostragem com baixa vazão.

Apesar disso, a distribuição dos contaminantes na área estudada foi semelhante em ambos os métodos e a diferença de concentrações foi insignificante em relação a mudanças na caracterização da contaminação.

2 ABSTRACT

The bailers method is the most used to purge wells and ground-water samples. This method can cause various impacts and disturbance in the samples' quality.

This can be avoid by using the low-flow sampling, because it allows the control of the water level drawdown, minimalizing the mixing of the stagnant casing water with formation water.

This project presents the comparison of the obtained results of the ground water sampling by using the bailers and low flow in the area of Posto Treze Cruz de Malta, in São Paulo, SP.

In general, it was possible to notice that using the bailers method, the concentration of the BTEX (Benzene, Toluene, Ethilbenzenes and Xylenes) in the monitoring wells was smaller than the results of the low-flow sampling.

However, the distribution of the contaminates in the studied area was similar in both methods and the difference in the concentrations was not significant regarding to the changes in the contamination characterization.

3 INTRODUÇÃO

Esse trabalho apresenta a comparação dos resultados de amostragem de água subterrânea obtidos nos trabalhos de avaliação do cenário de contaminação na área do Auto Posto Treze Cruz de Malta, localizado na cidade de São Paulo, SP.

Os métodos de amostragem utilizados foram *bailers* e amostragem com baixa vazão. O método utilizando *bailers* tem custo baixo e é o mais utilizado atualmente, mas a inserção do objeto amostrador dentro do poço gera impactos e distúrbios na amostra, fazendo com que essa possa não ser representativa do aquífero freático.

Por outro lado, a amostragem de água subterrânea com baixas vazões se constitui numa técnica relativamente nova, de investimento inicial mais alto, mas diminuem esses danos, já que permitem o controle do rebaixamento do nível d'água, minimizando a mistura da camada estagnada no topo do poço com a água dos intervalos dos filtros.

4 OBJETIVOS

Os trabalhos realizados tiveram como objetivo a caracterização da contaminação, localizada na área do posto, comparando dois métodos de amostragem de água subterrânea, utilizando *bailers* e amostragem com baixa vazão.

5 HISTÓRICO DA CONTAMINAÇÃO

O caso teve início em março de 1998, a partir de reclamações de usuários do edifício comercial Acal, localizado na Rua Aracari, em frente ao posto, devido ao surgimento de odores no segundo subsolo do edifício citado.

No dia 14 de março de 1998 foi notada a migração de produto pela parede (abaixo do nível d'água freático) da garagem situada no subsolo do edifício. Os usuários comunicaram o fato ao posto, que foi repassado à Cetesb.

Durante o mês de março de 1998 foram desenvolvidas pela Hidroplan, empresa de planejamento hidrogeológico, atividades emergenciais, tais como medidas de explosividade, recuperação de produto por meio do uso de mantas oleofílicas, limpeza de poços de visita e galerias e limpeza da caixa de captação de águas do prédio.

Após o atendimento emergencial, o trabalho teve sequência por meio da avaliação do cenário de contaminação na área do posto, na qual foram definidos os locais de instalação dos poços de monitoramento e de recuperação. A localização desses poços está indicado no Mapa do Anexo 1.

No ano de 1998, o monitoramento da área e a retirada de produto em fase livre foram executados diariamente. No decorrer desse ano houve uma diminuição no volume de produto recuperado indicando uma diminuição do volume de contaminante em fase livre no aquífero.

Em março de 1999 foram apresentados os resultados da avaliação de risco solicitada através da Ata da reunião realizada na Cetesb em 10 de fevereiro de 1999. Os trabalhos incluíram medidas de teores de gás do solo (*gas survey*) e análises de amostras de solo. Para remediação dos problemas levantados a partir desses trabalhos, foi instalado um sistema de extração de vapores para retirada de produto presente no solo.

Atualmente o monitoramento é realizado semanalmente e a recuperação de produto em fase livre tem sido praticamente nula. No mês de março de 2002 somente os poços de monitoramento PM-7, PM-18 e PM-19, apresentaram indícios de contaminação de produto, caracterizados por odor e manchas de contaminante e pequena lâmina de produto em fase livre imiscível.

6 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

6.1 CONTAMINAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Oliveira (1992) descreve riscos representados por contaminações derivadas de vazamentos de tanques subterrâneos em postos de abastecimentos. Em meios urbanos, esses tanques constituem importantes fontes de contaminação de solo e águas subterrâneas.

O conhecimento da distribuição dos contaminantes, desde a fonte de contaminação até chegar à água subterrânea, determina os métodos a serem adotados para controle da situação e redução da contaminação para padrões aceitáveis à saúde humana.

Monitoramento de poços executados por Barker *et al* (1989), no qual foram injetadas no aquífero, concentrações conhecidas de contaminantes, apresentam o comportamento dos hidrocarbonetos aromáticos, conhecidos como BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Orto, Meta e Para-Xilenos).

6.2 PADRÕES DE REFERÊNCIA PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A Portaria 1469, de dezembro de 2000, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A portaria define como água potável a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e não ofereça riscos à saúde.

Essa portaria estabelece também padrões das substâncias químicas que representam risco para o consumo. Os padrões de interesse para esse trabalho estão apresentados na Tabela 4.

6.3 AMOSTRAGEM COM BAIXA VAZÃO

Puls (1995) descreve os procedimentos para amostragem de águas

subterrâneas com baixa vazão e as vantagens e desvantagens desse método.

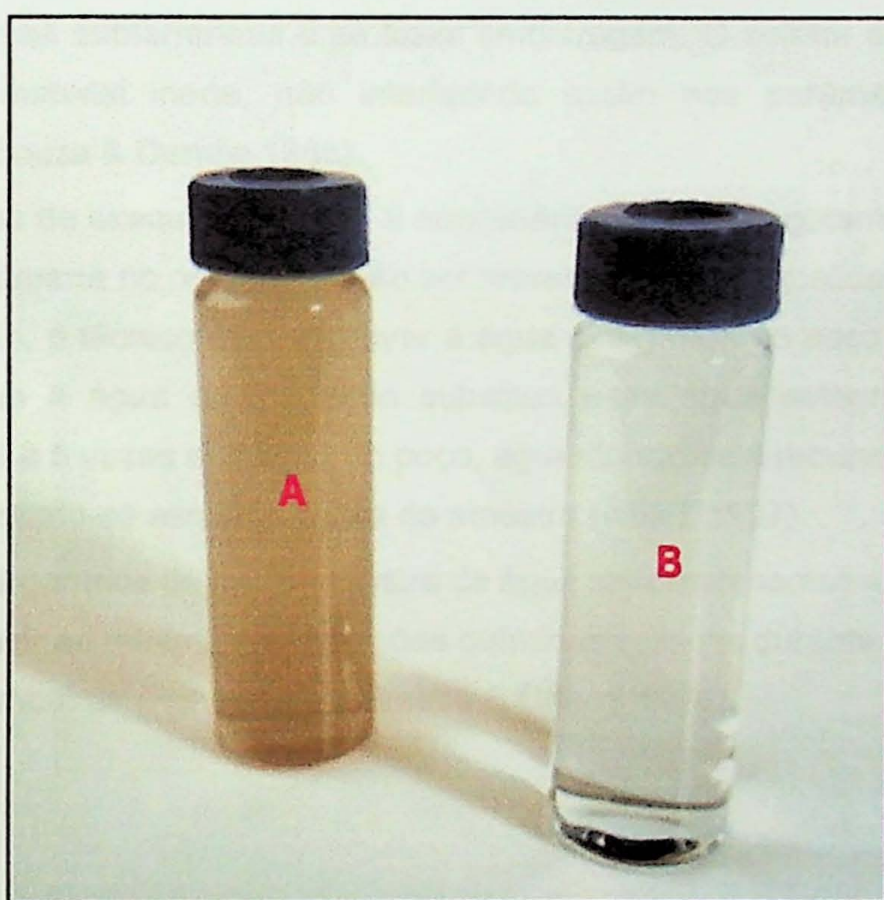
Em geral, as vantagens da amostragem com baixa vazão incluem:

- Amostras que são representações da carga "móvel" dos contaminantes presentes;
- Distúrbio mínimo do ponto de amostragem, consequentemente minimizando os artefatos de amostragem;
- Menor variabilidade em relação ao operador e maior controle do operador;
- Reduz efeitos na formação (rebaixamento mínimo);
- Menor mistura entre a água estagnada no poço com a água da formação;
- Reduz a necessidade de filtragem e, conseqüentemente, apresenta redução no tempo de amostragem, a Figura 1 mostra a diferença visual, que normalmente ocorre, da água subterrânea coletada com os dois métodos;
- Menores volumes de purga, o que diminui os custos de disposição de resíduos e tempo de amostragem.

Algumas desvantagens da amostragem com baixa-vazão incluem:

- Investimento inicial mais alto;
- Necessita transporte de mais equipamentos para o *site*;
- Aumenta necessidade de treinamento.

Figura 1 - Diferença de nível entre água subterrânea coletada com o método de baixa vazão e com o método de alta vazão.



Fonte: www.micropurge.com

Figura 1 - Frascos de vidro com água subterrânea coletada com *baillers* (A) e com baixa vazão (B)

7 METODOLOGIA

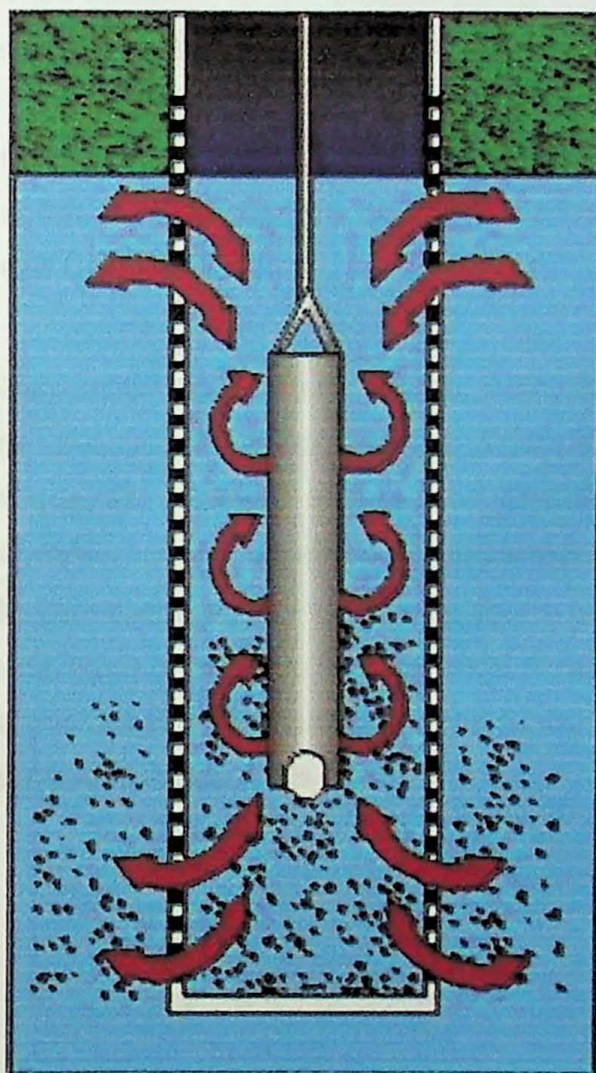
Os métodos utilizados, como já mencionados, compreendem amostragem com *bailers* e com baixa vazão.

7.1 MÉTODO UTILIZANDO *BAILERS*

O método utilizando *bailers* (Figura 2) é o mais comum para se purgar poços de águas subterrâneas e se fazer amostragem. O coletor é feito de PVC, que é um material inerte, não interferindo assim nos parâmetros a serem analisados (Souza & Derídio 1988).

Antes de executar a coleta, é necessária a purga (esgotamento do poço), pois a água parada no poço pode não ser representativa da qualidade da água do local. Portanto, o técnico deve remover a água estagnada no poço e no pré-filtro, de forma que a água da formação substitua essa água estagnada. Deve-se remover de 3 a 5 vezes o volume do poço, aguardando-se a recuperação do nível estático e fazendo-se assim, a coleta da amostra (ABNT 1997).

Para garantia de que a amostra de água seja representativa da formação, deve-se reduzir ao mínimo as alterações químicas e físicas durante o processo de retirada de amostras (Fetter 2001, Freeze & Cherry 1979).



Fonte: www.micropurge.com

Figura 2 - Amostragem de águas subterrâneas utilizando *bailers*.

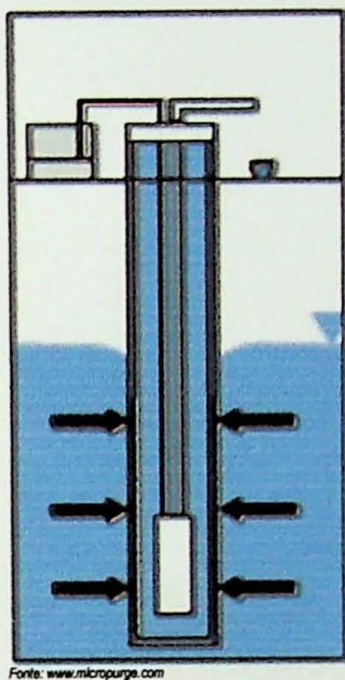
7.2 AMOSTRAGEM COM BAIXA VAZÃO

O termo baixa vazão refere-se ao pequeno volume de água que entra na captação da bomba e é concedida pelos poros da formação na vizinhança do filtro do poço (Figuras 3 e 4).

Os equipamentos utilizados foram: *bladder pump* (Figura 5), que consiste em uma bomba de bexiga, com corpo de aço inoxidável; medidor de nível d'água e equipamentos de medição de parâmetros físico-químicos como pHmetro, termômetro e condutímetro para indicar a estabilização da água subterrânea antes de executar a amostragem. As fotos das Figuras 6 e 7 mostram os equipamentos utilizados no Posto Treze Cruz de Malta.

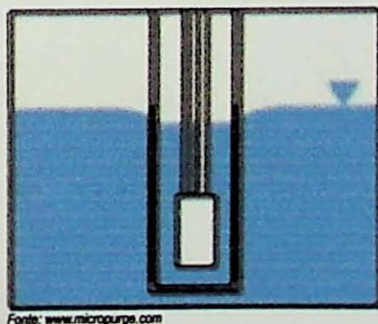
O nível de rebaixamento da água é o melhor indicador do efeito causado, para uma vazão e para uma situação hidrogeológica já determinadas. O objetivo é bombear de maneira que se minimize o grau dos efeitos (rebaixamento) no sistema, levando em consideração os objetivos da amostragem.

Se a captação da bomba estiver localizada dentro do intervalo da seção filtrante, a maior parte da água bombeada será extraída diretamente da formação (Figura 3), com pouca mistura com a água contida no fundo do poço e com uma distorção mínima da zona amostrada (Puls 1995).



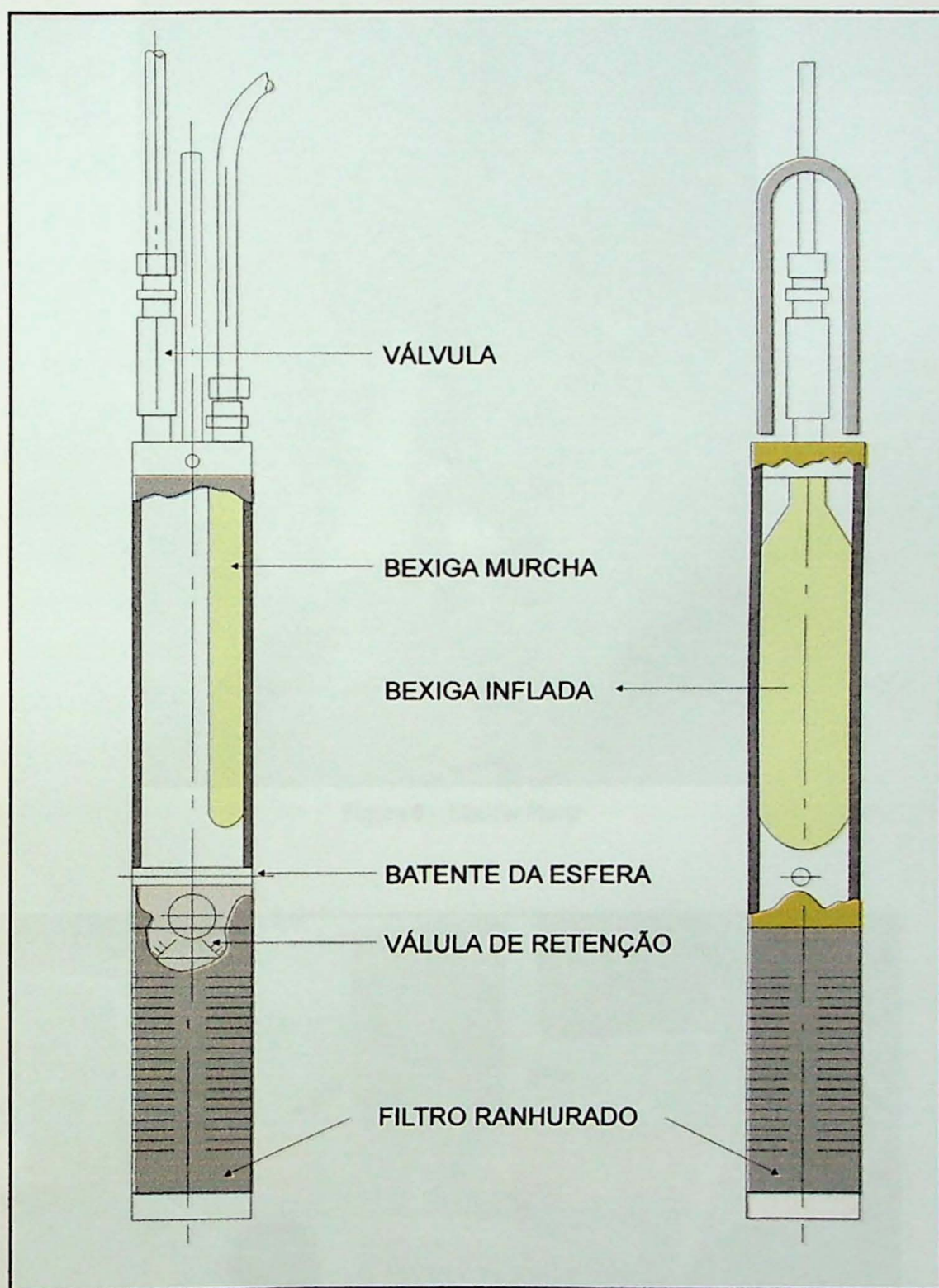
Fonte: www.micropurge.com

Figura 3 - Amostragem de água subterrânea com baixa vazão



Fonte: www.micropurge.com

Figura 4 - Rebaixamento mínimo do nível d'água



Fonte: (ABNT 1987)

Figura 5 - Bladder Pump



Figura 6 - Bladder Pump



Figura 7 - Equipamentos para amostragem com baixa vazão utilizados no Posto Treze Cruz de Malta

8 TRABALHOS REALIZADOS

- Instalação de poços de monitoramento adicionais no interior e exterior do AP Treze Cruz de Malta;
- apresentação dos resultados obtidos entre os meses de abril e maio de 2002, do monitoramento de níveis d'água e da presença de indícios de contaminação no interior dos poços de monitoramento instalados no âmbito do A.P. Treze Cruz de Malta;
- Amostragem dos poços de monitoramento para análises dos parâmetros BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) por meio da utilização de *bailers* e do método com baixa vazão;
- Interpretação dos resultados das análises químicas de água subterrânea por intermédio de sua comparação com padrões de referência ambiental (padrões de potabilidade e de aceitação para o consumo humano da Portaria 1469/2000 – Ministério da Saúde);
- Construção de mapa de isoconcentrações para benzeno;
- Interpretação dos resultados obtidos;
- Comparação da aplicação e eficiência dos métodos de amostragem utilizados;

A Tabela 1 indica o cronograma dos trabalhos realizados.

Tabela 1 – Cronograma dos trabalhos realizados

Atividades	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Bibliografia								
Monitoramento								
Coleta de amostras								
Análises Químicas								
Tratamento de dados								
Mapa de isoconcentrações								
Redação do relatório								

A maior dificuldade encontrada foi em relação à amostragem com baixa

vazão; a *bladder pump*, que apesar do fácil manuseio, exige que em cada amostragem o corpo metálico seja praticamente desmontado por inteiro para a sua limpeza, dependendo mais tempo para a execução da amostragem.

A locomoção dos equipamentos, que inclui um tubo de gás, é de difícil transporte, sendo necessária mais de uma pessoa para a realização do serviço.

9 RESULTADOS OBTIDOS

9.1 INSTALAÇÃO DE POÇOS

Em março de 2002, foram instalados 6 novos poços de monitoramento no âmbito do AP Treze Cruz de Malta, identificados como PM-14, PM-15, PM-16, PM-17, PM-18 e PM-19. Esses poços visam delimitar a pluma de contaminação por fase dissolvida de BTEX.

Todos os poços de monitoramento foram instalados de acordo com a metodologia apresentada na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 1997), NBR 13.895.

As perfurações para instalação dos PMs foram executadas através da utilização de trado manual 6" (seis polegadas), como mostra a foto da Figura 8. Para o revestimento das sondagens foram utilizadas tubulações de PVC inerte, com diâmetro interno útil de 2" (duas polegadas).

O filtro de mesmo material e diâmetro possui ranhuras transversais, com diâmetro de 0,50 mm, para impedir o bloqueio por partículas finas do solo argiloso constituinte do aquífero estudado.

O espaço anelar formado entre as paredes do revestimento e da sondagem foi preenchido por pré-filtro, que impede a entrada de partículas e, conseqüentemente, impede o fechamento das ranhuras do filtro.

O Anexo 2 apresenta os perfis descritivos dos poços de monitoramento instalados.

8.2 MONITORAMENTO DE POÇOS

Depois o mês de maio foram escolhidas duas etapas de monitoramento (dias 11 e 22 de maio) para medição de nível d'água e verificação da presença de infiltração de água subterrânea no interior das poças de armazenamento (PA). O mapa da Figura 1 apresenta a localização das etapas escolhidas.

A Figura 2 apresenta as profundidades das águas subterrâneas nos poços de armazenamento PA.



Figura 8 - Instalação de poço de monitoramento.

Com o intuito de verificar a presença de infiltração de água subterrânea no local de maio de 2002, foram instalados dois poços de monitoramento (PA) no interior das poças de armazenamento de água no dia 11 de maio. No dia 22 de maio, o PA 18 apresentou presença de água no poço com 1,83m de profundidade.

No dia 14 de junho foi realizado um monitoramento complementar das poças de armazenamento, que se trata de uma verificação de nível d'água no interior do monitoramento realizado no dia 22 de maio. Foram utilizados para a coleta de água amostradores e a medição da água subterrânea foi realizada no Anexo 3.

9.2 MONITORAMENTO DE POÇOS

Durante o mês de maio foram executados dois eventos de monitoramento (dias 8 e 22 de maio) para medição do nível d'água e verificação da presença de indícios de contaminação no interior dos poços de monitoramento (PM). O mapa do Anexo 1 apresenta a localização desses poços.

A Tabela 2 apresenta as profundidades dos níveis d'água medidos nos poços de monitoramento (PM).

Tabela 2 – Medidas de profundidade do nível d'água (m)

POÇOS	8/5	22/5
PM-1	1,97	2,34
PM-2	2,22	2,38
PM-3	1,79	2,79
PM-4	2,48	2,74
PM-5	2,56	2,78
PM-6	3,00	3,12
PM-7	3,05	2,67
PM-10	1,88	2,32
PM-11	1,29	1,48

POÇOS	8/5	22/5
PM-12	1,91	2,00
PM-13	3,52	3,34
PM-14	3,62	3,60
PM-15	3,64	3,66
PM-16	3,23	3,30
PM-17	1,92	2,00
PM-18	3,06	3,00
PM-19	3,12	3,25

Com relação à presença de indícios de contaminação no interior dos poços de monitoramento no mês de maio de 2002, somente os PM-18 e PM-19 apresentaram manchas de produto sobre a água no dia 8 de maio. Enquanto no dia 22 de maio, o PM-19 apresentou presença de lâmina de produto com 1,0 cm de espessura.

No dia 18 de junho foi executado um levantamento planialtimétrico dos poços de monitoramento, que juntamente com os dados de nível d'água do último evento de monitoramento realizado no dia 22 de maio, foram utilizados para o cálculo da carga hidráulica e na elaboração do mapa potenciométrico apresentado no Anexo 3.

A Tabela 3 apresenta o valor das cotas topográficas e cargas hidráulicas dos poços de monitoramento (PM).

Tabela 3 – Cotas topográficas e cargas hidráulicas nos poços de monitoramento.

Poços	Cota Topográfica (m)	Carga Hidráulica (m)
PM-1	36,38	34,04
PM-2	36,16	33,78
PM-3	36,44	33,65
PM-4	36,25	33,51
PM-5	36,05	33,27
PM-6	36,06	32,94
PM-7	36,13	33,46
PM-10	36,57	34,25
PM-11	36,69	35,21
PM-12	36,01	34,01
PM-13	36,21	32,87
PM-16	36,46	33,16
PM-17	36,06	34,06
PM-18	36,13	33,13
PM-19	36,84	33,59

9.3 AMOSTRAGEM DE POÇOS

No mês de junho foram coletadas amostras de água subterrânea nesses poços. Na primeira semana foram utilizados *bailers*, sendo que no dia 6 de maio foi executada a purga e no dia 7 de maio a coleta. Na segunda semana, entre os dias 10 a 14 de junho, a coleta foi executada com amostragem de baixa vazão.

Essas amostras de água foram coletadas em frascos de vidro de 100 ml esterilizados previamente em laboratório e vedadas por selo em *teflon* sob tampa plástica rosqueável. Imediatamente após a coleta, esses frascos foram acondicionados em isopor com gelo a aproximadamente 4°C. Em intervalos de dois dias as amostras foram enviadas ao laboratório.

Os poços coletados foram definidos para a elaboração de um mapa de isoconcentração que permitisse uma definição da abrangência da pluma de contaminação de forma mais detalhada.

Foram selecionados os poços identificados como PM-1, PM-3, PM-4, PM-7, PM-10, PM-11, PM-12, PM-13, PM-14, PM-15, PM-16, PM-17, PM-18 e PM-19.

9.3.1 Amostragem de poços com baixa vazão

A Tabela 4 apresenta os resultados das amostragens de água subterrânea com baixa vazão para os compostos BTEX, juntamente com os padrões de referência ambiental utilizados para sua interpretação.

Tabela 4 – Resultados das análises químicas de BTEX em água subterrânea amostradas com baixa vazão.

Poços de Monitoramento	Concentração (µg/L)			
	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos Totais*
PM-1	7,13	6,33	2,72	11,20
PM-3	126,72	16,97	18,65	54,56
PM-4	26,52	47,03	10,93	46,18
PM-7	1.747,36	730,51	183,75	1.571,19
PM-10	7,72	224,96	173,94	719,99
PM-11	102,47	15,84	11,17	92,46
PM-12	N.D.	8,41	3,44	3,73
PM-13	0,62	1,20	0,55	3,20
PM-14	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-16	4,15	2,77	0,68	8,44
PM-17	N.D.	4,40	1,49	1,65
PM-18	4.489,74	3.111,43	1.402,36	6.836,04
PM-19	1.678,06	1.770,72	1.834,93	6.996,89
Portaria 1469	5,0**	170,0***	200,0***	300,0***

N.D.: Não detectado;

* Soma da concentração de orto, para e meta-xilenos;

** Padrão de potabilidade da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde (µg/L);

*** Padrão de aceitação para o consumo humano da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde (µg/L).

A partir de valores de solubilidade específica foram definidos os poços que apresentam fase livre imiscível. A Tabela 5 apresenta os valores

correspondentes a 10 % da solubilidade específica dos compostos, concentrações acima desses valores indicam presença de fase imiscível (Montgomery 1996).

Tabela 5 – Valores de concentrações necessárias para a formação de fase imiscível em BTEX.

Composto	Concentração necessária para a formação de fase imiscível (µg/L)
Benzeno	1.750
Tolueno	2.840
Etilbenzeno	450
Xilenos	1.340

Fonte: (Montgomery 1996)

Assim, a partir da comparação das concentrações apresentadas na Tabela 5 com os valores de solubilidade específica dos compostos analisados, conclui-se que o PM-18 apresentou presença de fase imiscível de todos eles, o PM-19 apresentou tal característica em relação aos compostos etilbenzeno e xilenos; enquanto o teor de benzeno (1.678,06 µg/L) apresentou-se muito próximo da solubilidade específica (1.750,00 µg/L)

O PM-7 também apresentou teor de benzeno (1.747,36 µg/L) muito próximo ao da solubilidade específica.

Com relação ao PMs 18 e 19, estes resultados já eram esperados, uma vez que, como já foi dito no item 10.2 desse projeto, o PM-18 apresentou presença de manchas de produto sobre a água no evento de monitoramento realizado em maio, e o PM-19 apresentou presença de lâmina de produto de 1,0 cm de espessura.

Com relação à influência da contaminação na qualidade da água subterrânea, além da presença de fase imiscível nos PMs 7, 18 e 19, observa-se ainda que os PMs 1, 3, 4, 10, e 11 apresentaram presença de concentrações de benzeno superiores ao padrão de potabilidade da portaria 1469 para este composto. Com destaque para os valores detectados nos PMs 3 e 11, que se apresentaram cerca de 5 a 20 vezes acima deste padrão.

Os PMs 7 e 10 apresentaram concentrações de tolueno situadas até quatro vezes acima do padrão de aceitação para o consumo humano da Portaria 1469 do Ministério da Saúde para este composto, além de teores de xilenos totais de até cinco vezes superiores ao mesmo padrão para o mesmo.

Para representação em planta da distribuição da contaminação presente na água subterrânea, optou-se apenas pelo benzeno, uma vez que este composto é reconhecidamente, dentre os analisados, o que apresenta mais efeitos adversos à saúde humana, além de apresentar aproximadamente a mesma distribuição verificada para os outros compostos na área do posto.

Esse mapa apresenta apenas as linhas de isoconcentrações de benzeno a partir do valor de 5,0 µg/L, já que trata-se do limite de potabilidade da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde para este composto. Além disso, foi escolhido também o valor de 1750 µg/L como um dos limites de isoconcentração por se tratar da concentração necessária para se formar fase imiscível (Montgomery 1996).

O mapa de isoconcentrações está apresentado no Anexo 4.

9.3.2 Amostragem de poços com *bailers*

A Tabela 6 apresenta os resultados das amostragens de água subterrânea utilizando *bailers* para os compostos BTEX, juntamente com os padrões de referência ambiental utilizados para sua interpretação.

Tabela 6 – Resultados das análises químicas de BTEX em água subterrânea amostradas com *bailers*.

Poços de Monitoramento	Concentração (µg/L)			
	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	Xilenos Totais*
PM-1	5,41	0,33	0,16	0,60
PM-3	110,32	38,23	24,65	48,23
PM-4	19,24	30,07	23,24	29,56
PM-7	1702,35	498,34	146,86	1.368,28
PM-10	10,03	109,42	65,87	957,12
PM-11	88,23	19,02	25,84	103,65
PM-12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-13	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-14	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-17	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
PM-18	3.865,32	2.786,54	1.089,36	3.847,63
PM-19	1.794,94	997,60	1.093,47	2.010,05
Portaria 1469	5,0**	170,0***	200,0***	300,0***

N.D.: Não detectado;

* Soma da concentração de orto, para e meta-xilenos;

** Padrão de potabilidade da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde (µg/L);

*** Padrão de aceitação para o consumo humano da Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde (µg/L).

A partir da comparação das concentrações apresentadas na Tabela 5, apresentados no item 9.3.1, com os valores de solubilidade específica dos

compostos analisados, conclui-se que o PM 18 apresentou presença de fase imiscível de todos eles e que o PM-19 apresentou tal característica com relação aos compostos benzeno, etilbenzeno e xilenos.

Observa-se ainda, que os PMs 1, 3, 4, 7 e 11 apresentaram presença de concentrações superiores ao padrão de potabilidade da portaria 1469 para alguns desses compostos. Com destaque para os valores detectados no PM-7, que apresentou valores elevados para benzeno, tolueno e xilenos.

Os resultados dos PMs 3, 4 e 11 apresentaram cerca de 4 a 16 vezes acima deste padrão para o benzeno.

Para a apresentação dos resultados obtidos, optou-se por apenas um mapa de isoconcentrações (Anexo 4), pois utilizando os limites escolhidos, as isoconcentrações foram iguais para os dois métodos.

10 INTERPRETAÇÕES

Observando o mapa de isoconcentrações (Anexo 4) pode-se identificar duas regiões distintas de contaminação na área do posto.

Durante o monitoramento foi identificada lâmina de fase livre de produto com aproximadamente 1,0 cm de espessura no PM-19. Contudo, a ausência de concentrações de BTEX acima das solubilidades específicas destes compostos nos PMs 3, 10 e 11, situados em torno desse PM, indica que a presença de fase imiscível de produto restringe-se à porção central da praça de bombas do posto.

Além da região citada, somente na área próxima ao prédio reclamante foram identificadas concentrações altas de BTEX próximas de suas solubilidades específicas nas amostras coletadas no PM-7 e fase livre no PM-18. Este fato já era esperado, uma vez que nos eventos de monitoramento de 8 e 22 de maio foi detectada presença de manchas de produto sobre a água no PM-18.

11 CONCLUSÕES

De maneira geral, como indicado nas Tabelas 4 e 6, no método utilizando *bailers*, as concentrações de BTEX nos poços de monitoramento foram menores que os resultados da amostragem com baixa vazão.

Provavelmente esse fato tenha ocorrido devido a distúrbios causados pelo *bailer* durante a amostragem. Apesar disso, não houve mudanças significativas na caracterização da contaminação na área estudada.

Conclui-se que para esse trabalho, a amostragem de água subterrânea utilizando *bailer*, obedecendo rigorosamente o procedimento descrito pela NBR 13895 (ABNT 1997), apresentou boa qualidade nos resultados obtidos. Mesmo a amostragem com baixa vazão minimizando todos os distúrbios causados pela amostragem tradicional, obteve resultados de concentrações e distribuição de contaminantes muito semelhantes ao método utilizando *bailers*.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 1997. NBR 13895 – Construção de poços de monitoramento e amostragem. Rio de Janeiro. 21p.

BARKER, J.F.; SUDICKY, E.A.; MAYFIELD, C.I.; GILLHAM, R.W. 1989. *The fate and Persistence of Aromatic Hydrocarbons Dissolved in Groundwater: Results of Controlled Field Experiments*. In: AAPG SYMPOSIUM – ENVIRONMENTAL CONCERNS IN THE PETROLEUM INDUSTRY. Palm Spring, California.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2001. Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo. Relatório Final. São Paulo. 246 p.

FETTER, C.W. 2001. *Applied Hidrogeology*. Pentice Hall. Inc, USA. 598 p.

FREEZE, R.A & CHERRY, J.A. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. Inc, USA. 604 p.

MCCARTHY, J.F. & ZACHARA J.M. 1989. *Subsurface Transport of Contaminants*. Environment Science Technology. 5(23):496-502.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2001. Portaria nº1469 – Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Brasil. 32 p.

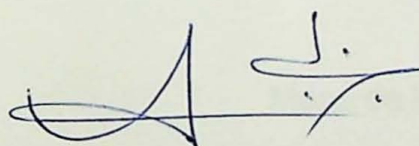
MONTGOMERY, J.H. 1996. *Groundwater Chemicals*. Lewis Publishers. USA. 1345 p.

OLIVEIRA, E. 1992. *Contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos provenientes de vazamentos de tanques de armazenamentos subterrâneos*. São Paulo. 112 p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

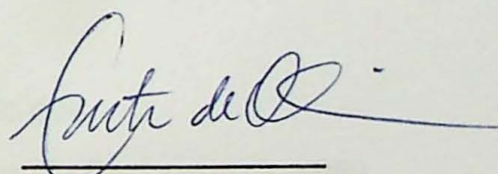
PULS, R.W. 1995. *Low-Flow Purging and Sampling of Ground-Water Monitoring Wells with Dedicated Systems*. Ground Water Monitoring and Remediation. 15(1): 116-123.

RAMOS, F.; OCCHIPINTI, A.G.; VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K.; MAGALHÃES, T.C.; CLEARY, R.W. 1989. *Engenharia Hidrológica*. ABRH. Editora da UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 404 p.

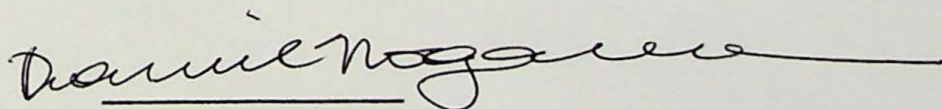
SOUZA, H.B. & DERÍSIO, J.C. 1988. *Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água*. CETESB. São Paulo. 37 p.



Prof. Dr. Uriel Duarte
Orientador



Prof. Dr. Everton de Oliveira
Co-Orientador

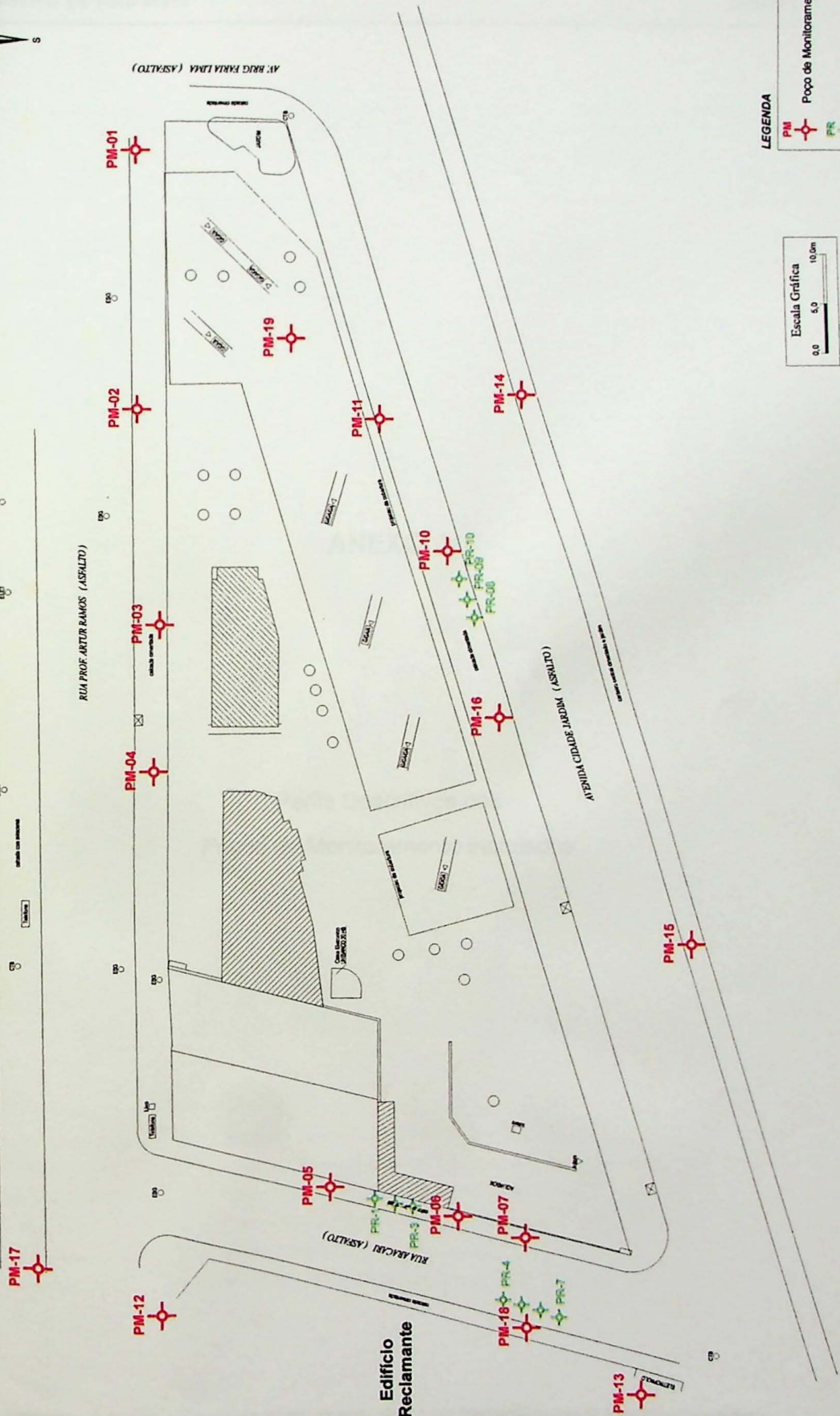
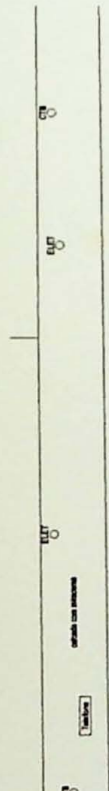
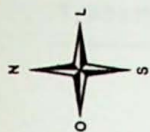


Daniel Nogawa
Aluno

ANEXO 1

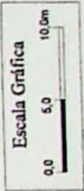
Mapa de localização dos
Poços de Monitoramento (PM) e Poços de Recuperação (PR)

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO E RECUPERAÇÃO



LEGENDA

- PM Poço de Monitoramento
- PR Poço de Recuperação



ANEXO 2

Perfis Descritivos dos Poços de Monitoramento instalados

POSTO TREZE CRUZ DE MALTA - TF 2002/11

EQUIPAMENTO: Trado Manual

PERFURAÇÃO: 6"

REVESTIMENTO: 2"

PM-14**PM-15****PM-16**

Início: 15/3/2002

Término: 15/3/2002

Início: 16/3/2002

Término: 16/3/2002

Início: 16/3/2002

Término: 17/3/2002

Profundidade: 4,50 m

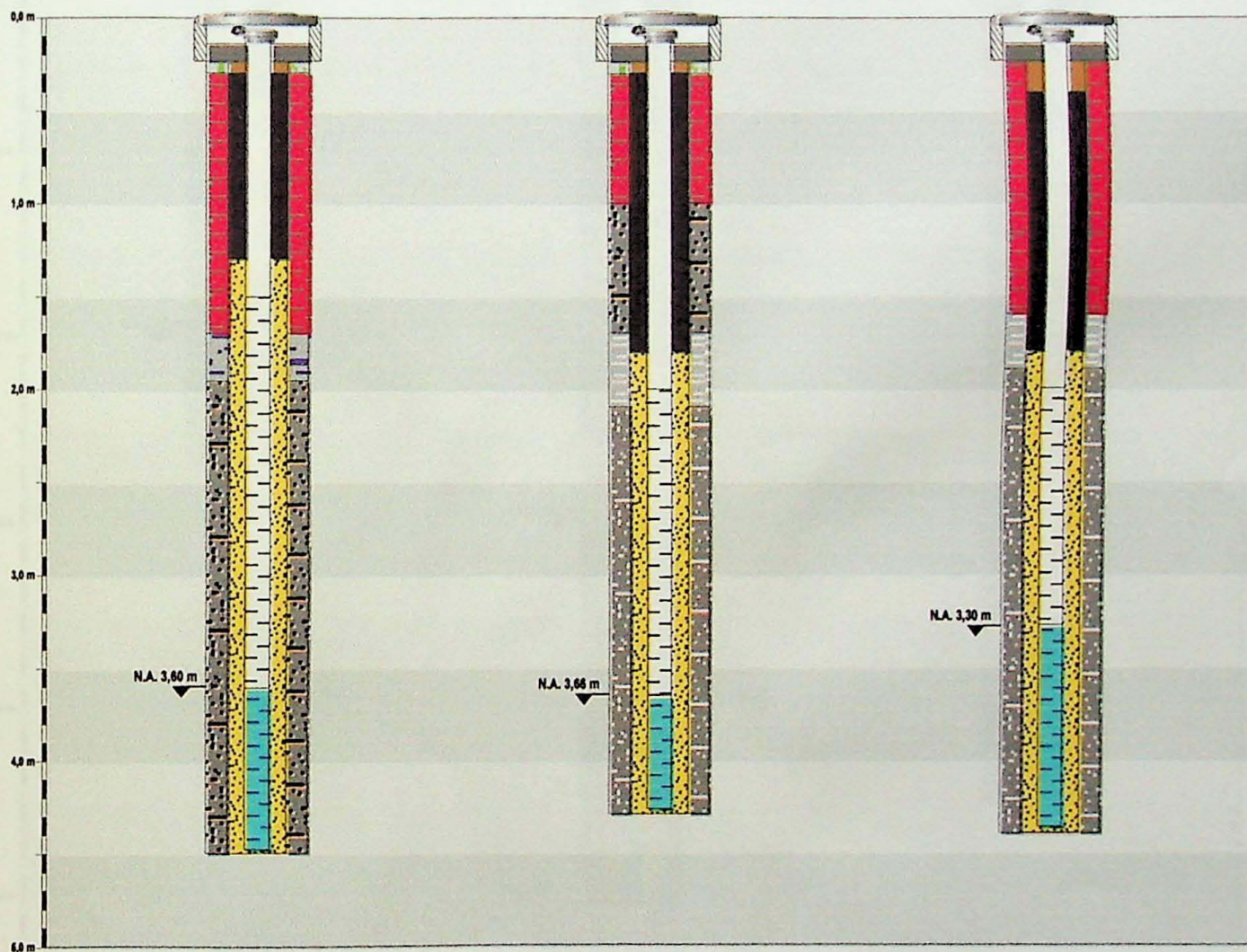
N.A.: 3,60 m

Profundidade: 4,30 m

N.A.: 3,66 m

Profundidade: 4,40 m

N.A.: 3,30 m



Legenda (Construtivo)

- Selo sanitário em concreto
- Solo reposto
- Selo em bentonita
- Pré-filtro de areia
- Filtro não saturado
- Filtro saturado

Legenda (Litologia)

- Aterro de solo arenoso (areia fina a grossa), com pedregulhos, cinza esverdeado
- Aterro de solo arenoso (areia fina a grossa), pouco argiloso, com pedregulhos, vermelha
- Argila pouco arenosa (areia fina), cinza clara a escura, com porções roxas
- Argila pouco arenosa (areia fina a média), micácea, cinza escura a preta
- Argila plástica, cinza
- Areia fina a média, pouco argilosa, cinza

POSTO TREZE CRUZ DE MALTA - TF 2002/11

EQUIPAMENTO: Trado Manual

PERFURAÇÃO: 6"

REVESTIMENTO: 2"

PM-17**PM-18****PM-19**

Início: 17/3/2002

Término: 17/3/2002

Início: 18/3/2002

Término: 18/3/2002

Início: 19/3/2002

Término: 19/3/2002

Profundidade: 2,70 m

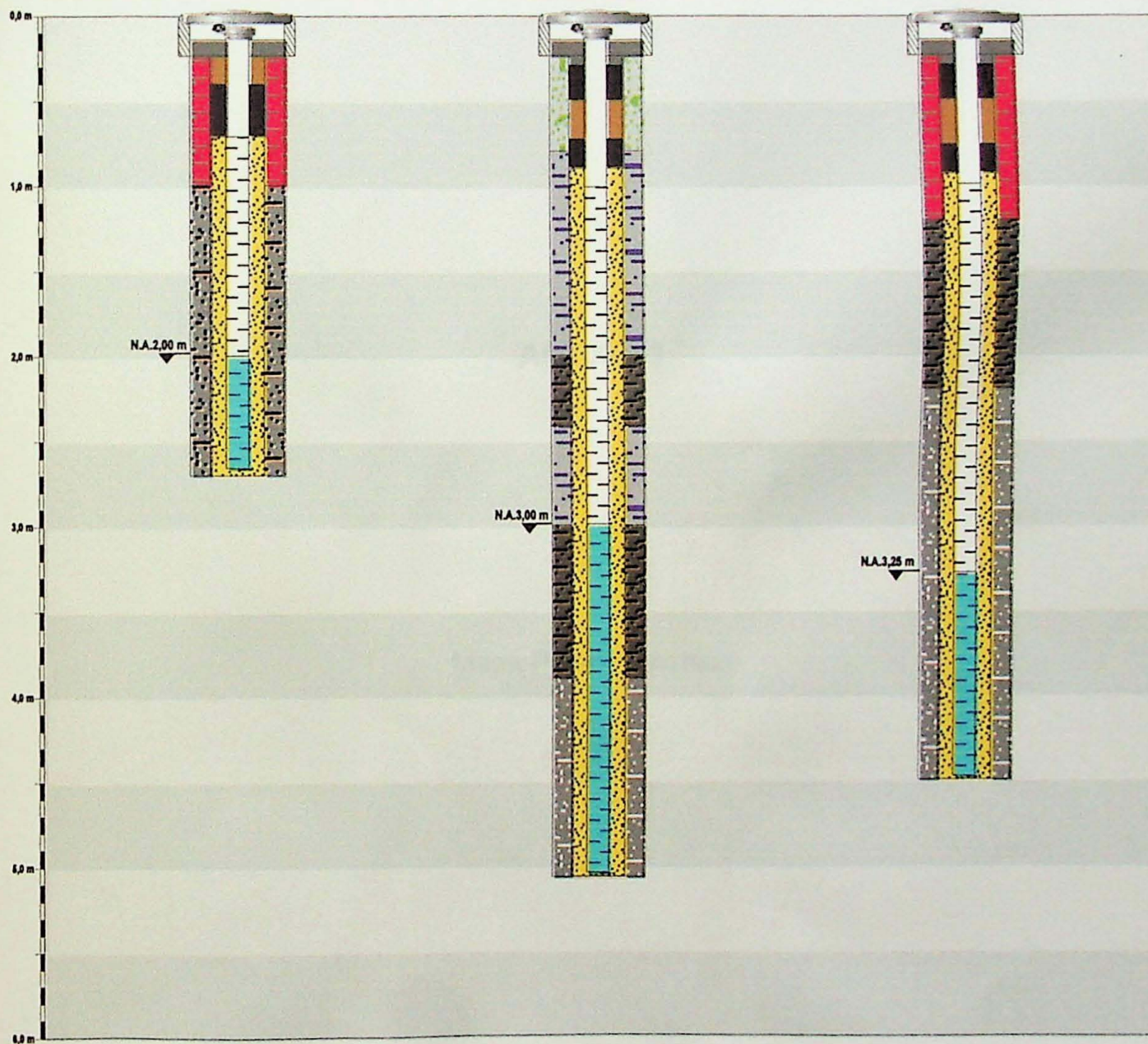
N.A.: 2,00 m

Profundidade: 5,05 m

N.A.: 3,00 m

Profundidade: 4,50 m

N.A.: 3,25 m



Legenda (Construtivo)

- Selo sanitário em concreto
- Solo repostado
- Selo em bentonita
- Pré-filtro de areia
- Filtro não saturado
- Filtro saturado

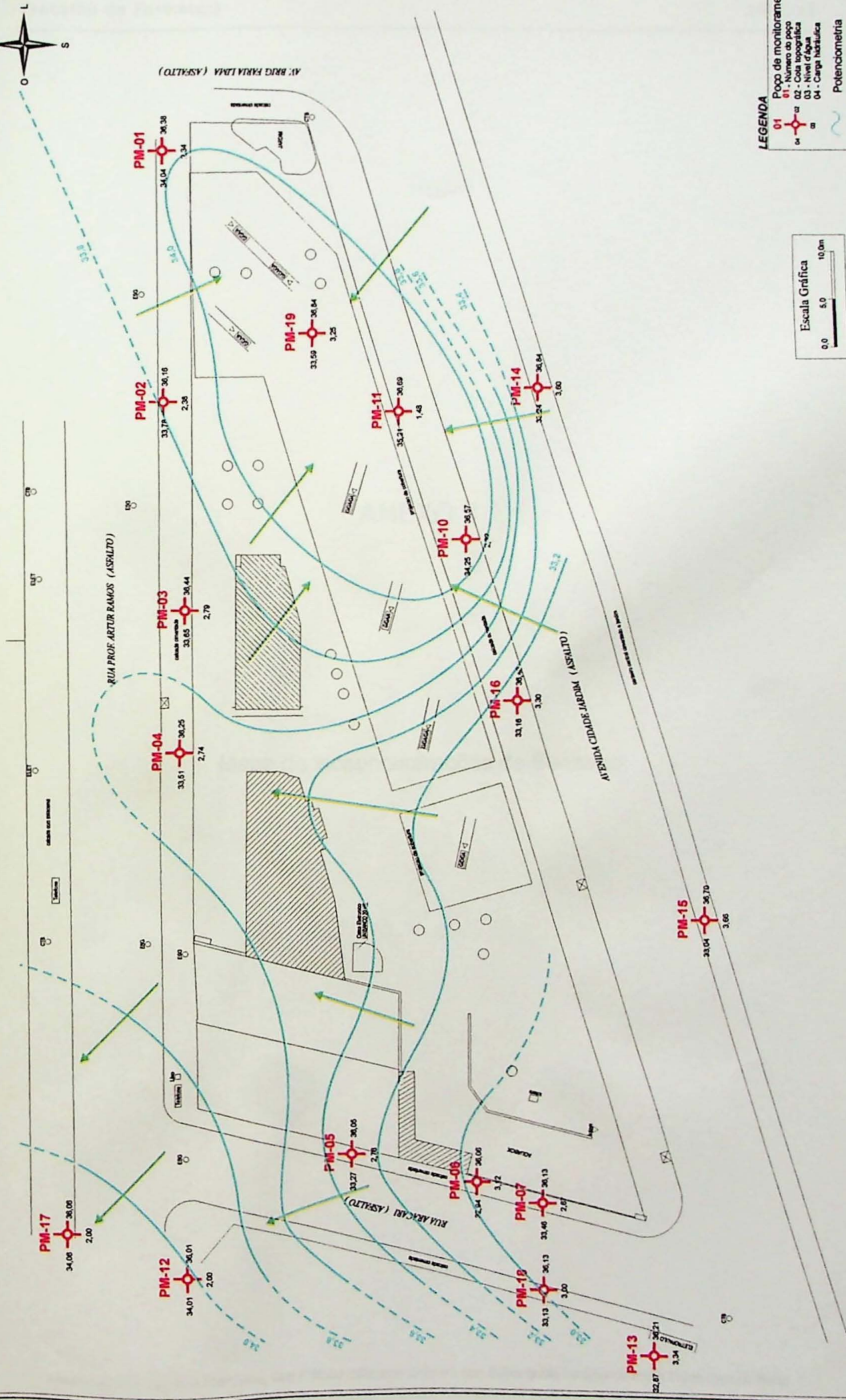
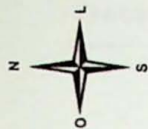
Legenda (Litologia)

- Aterro de solo arenoso (areia fina a grossa), com pedregulhos, cinza esverdeado
- Aterro de solo arenoso (areia fina a grossa), pouco argiloso, com pedregulhos, vermelha
- Argila pouco arenosa (areia fina), cinza clara a escura, com porções roxas
- Argila pouco arenosa (areia fina a média), micácea, cinza escura a preta
- Argila plástica, cinza
- Areia fina a média, pouco argilosa, cinza

ANEXO 3

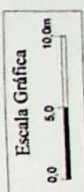
Mapa Potenciométrico

MAPA POTENCIOMÉTRICO



LEGENDA

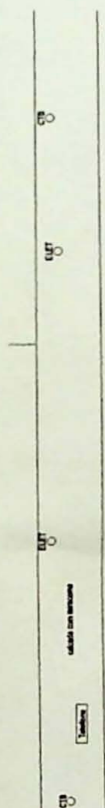
- 01 - Ponto de monitoramento
- 02 - Número do ponto
- 03 - Cota topográfica
- 04 - Cota hidráulica
- 05 - Carga hidráulica
- Potenciometria
- Potenciometria inferida
- Sentido de fluxo



ANEXO 4

Mapa de isoconcentrações de Benzeno

PLUMA DE ISOCONCENTRAÇÃO DE BENZENO EM ÁGUA SUBTERRÂNEA



PM-17

PM-12

PM-05

PM-08

PM-07

PM-13

PM-15

PM-16

PM-10

PM-11

PM-19

PM-01

RUA PROF. ARTUR RAMOS (ASFALTO)

RUA ABACAU (ASFALTO)

AVENIDA CIDADE JARDIM (ASFALTO)

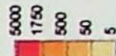
AV. BRIG. FARFA LIMA (ASFALTO)

LEGENDA



Poço de Monitoramento

Isocôncentração de Benzeno em água subterrânea - (µg/l)



Escala Gráfica

