

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA E PROPOSTA
DE REMEDIAÇÃO POR HIDROCARBONETOS EM UM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SÃO PAULO

Lucas Takeshi Kimura Claudio

Orientador: Profº Dr. Joel Barbujani Sígolo

Co-Orientador: Alexandre Patrício Chiarini

MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA
TF – 2009/18

São Paulo
2009

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA

TF – 09/18

INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA E PROPOSTA
DE REMEDIAÇÃO POR HIDROCARBONETOS EM UM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SÃO PAULO

De acordo

Aluno: Lucas Takeshi Kimura Claudio

Orientador: Profº Dr. Joel Barbujani Sígolo

Co-Orientador: Alexandre Patrício Chiarini

2009

DEDALUS - Acervo - IGC



30900026778

TF
CG15
LTK 2



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
1988

INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA E PROPOSTA
DE REMEDIÇÃO POR HIDROCARBONETOS EM UM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SÃO PAULO

De acordo

Assinatura do Autor
Assinatura do Orientador
Assinatura do Co-Orientador

2008

Aos meus pais e minhas irmãs

Aos meus pais e minhas irmãs.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço aos meus pais, pois se não fossem eles eu não seria quem sou, na verdade nem existiria. Eles sempre me apoiaram e me orientaram. Eu os amo mais que tudo na minha vida.

Agradeço também às minhas irmãs e a todos meus parentes, principalmente minhas tias que me ajudaram muito em todos estes cinco anos da minha vida acadêmica.

Às pessoas especiais da geologia: Sol (Guilherme), Marmota (Lucas), Porra (Pedro Augusto), Rebita (Vinícius), Pesca (Diego), Pré (Victor), Gonzo (Danilo), Pamonha (Pedro Lazaneo), Jabá (José Manuel), Fura (Giovanna), Pimpolho (Felipe), Placenta/Saravá (Adinan/Lyvia), Fun (Cyntia), Aninha (Ana) e Kath (Katherine). Elas me ajudaram nos momentos difíceis e tornaram estes últimos cinco anos muito agradáveis.

Ao professor Joel Barbujani Sígolo que aceitou me orientar neste Trabalho de Formatura.

À BTX Geologia e Meio Ambiente por disponibilizar um de seus projetos, principalmente ao pessoal do petróleo e da remediação, além do Alexandre Chiarini e do Marcelo Altafini, que me auxiliaram muito na realização do presente projeto.

À Geo Júnior Consultoria e aos seus membros desde 2005, por contribuir na minha formação profissional, através da experiência em gerenciamento de projetos, realização de eventos e contatos profissionais. Além, é claro, dos bons momentos que passei naquela sala, onde fiquei quase todo o tempo da minha graduação.

Aos professores que ministraram empolgantes aulas, que me auxiliaram muito na minha formação acadêmica.

À USP e ao Instituto de Geociências que praticamente me abrigou nestes últimos anos. À alguns funcionários do IGc, do bandejão e do HU que, na maioria das vezes, desempenharam suas tarefas de forma a proporcionar um maior conforto para todos os alunos.

E, eu não poderia deixar de agradecer aos meus amigos Claudinho, Luiz, Lê, Lá,Tcha, Jak, Mika, Andréia, Débora, Juliana e Leandro que apesar de não me ajudarem diretamente em nada no presente projeto e na minha vida acadêmica, eles fizeram com que eu esquecesse a geologia por um tempo, podendo assim curtir a vida.

Muito obrigado a todos.

RESUMO

Na cidade de São Paulo, segundo um levantamento da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) em 2008, os postos de combustíveis são os principais responsáveis pelas áreas contaminadas. Os órgãos ambientais, juntamente com empresas do ramo, intensificam seus trabalhos, a cada dia, visando a identificação e a remediação destas áreas com o intuito de melhorar a qualidade do meio ambiente em que vivemos. O presente projeto é a continuação dos estudos de investigação de passivos ambientais, em um posto de combustível, iniciados em 2004 pela empresa BTX Geologia e Meio Ambiente, na qual o autor deste trabalho participa de um programa de estágio. A ação se concentrou em um condomínio residencial, na cidade de São Paulo, localizado a jusante do posto de combustível. O tratamento dos dados, obtidos em trabalho de campo, possibilitou a delimitação da extensão da pluma de contaminação, a elaboração da modelagem de evolução da pluma para análise de risco e instalação do sistema de remediação na área. No decorrer dos trabalhos foi detectado que a pluma de contaminação extrapolou os limites da área do posto de combustível e do condomínio residencial, atingindo outros estabelecimentos vizinhos. O sistema de remediação implantado na área foi o de Extração Multi-fásica (MPE), visando, prioritariamente, a remoção de produto em fase livre.

ABSTRACT

In the city of Sao Paulo, according to a survey of CETESB (Environmental Company of São Paulo) in 2008, the gas stations are primarily responsible for the contaminated areas. The environmental agencies, along with companies of the branch, enhance its work, every day, for the identification and remediation of these areas in order to improve the quality of the environment in which we live. This project is the continuation of research studies of environmental liabilities in a gas station, started in 2004 by the BTX Geologia e Meio Ambiente, in which the present author participates in an internship program. The action focused on a residential condominium in the city of Sao Paulo, located downstream of the gas station. The data obtained in field work, enabled the demarcation of the extent of the contamination plume, the development of a modeling of the evolution of the plume for risk analysis and installation of the remediation area. In the course of the works it was detected that the plume of contamination beyond the limits of the area of gas station and residential condominium, affecting other neighboring establishments. The remediation system was deployed in the area of Multi-phase Extraction (MPE), aimed, primarily, the removal of free product.

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Objetivo	2
3	Localização.....	2
4	Contextualização Preliminar	2
4.1	Estudos Anteriores	2
4.2	Geologia Regional.....	3
4.3	Análise de Risco à Saúde Humana	3
5	Desenvolvimento das atividades.....	5
6	Materiais e Métodos.....	6
6.1	Levantamento Histórico.....	6
6.2	Sondagens	6
6.3	Instalação de poços	7
6.3.1	Poço de Monitoramento	7
6.3.2	Poço Multinível.....	7
6.3.3	Poço de Observação.....	7
6.3.4	Poço de Bombeamento.....	8
6.4	Amostragem.....	8
6.4.1	Solo.....	8
6.4.2	Amostragem Indeformada e Deformada.....	8
6.5	Análises Laboratoriais	10
6.6	Levantamento Topográfico	10
6.7	Condutividade Hidráulica.....	11
6.8	Caracterização da Contaminação.....	11
6.9	Modelagem Matemática	12
6.10	Ensaio Piloto para a Remediação.....	13
6.11	Instalação do Sistema de Remediação	13
6.12	Monitoramento dos Poços.....	14
6.13	Cálculo do Contaminante em Fase Livre.....	14
6.13.1	Cálculo das Espessuras de Fase Livre.....	14
6.13.2	Área da Pluma de Fase Livre	15
6.13.3	Volume da Pluma de Fase Livre.....	15
6.13.4	Volumes de Produto.....	15
6.13.5	Massa de Contaminantes em Fase Livre	15
6.14	Cálculo do Contaminante em Fase Dissolvida.....	15
7	Resultados Obtidos e Discussão dos Resultados	16

7.1	Levantamento Histórico da Área	16
7.2	Uso e Ocupação do Solo.....	16
7.3	Aspectos Geológicos.....	17
7.4	Aspectos Hidrogeológicos.....	19
7.5	Análises Laboratoriais	24
7.5.1	Solo.....	24
7.5.2	Água Subterrânea	24
7.6	Delimitação da Contaminação.....	25
7.6.1	Delimitação em Planta	25
7.6.1.1	Fase livre	25
7.6.1.2	Fase Dissolvida.....	25
7.6.2	Delimitação Vertical.....	27
7.7	Modelagem Matemática	30
7.8	Análise de Risco.....	32
7.9	Medidas de Intervenção	39
7.10	Remediação da Área.....	42
7.10.1	Ensaio Piloto	42
7.10.2	Monitoramento dos Poços.....	43
7.10.3	Cálculo dos Contaminantes.....	44
7.10.4	Eficiência do Tratamento.....	45
8	Conclusões	47
	Referências Bibliografia	50

Anexos

Anexo I - Perfis Geológicos e Construtivos dos Poços Instalados

Anexo II – Dados Hidrogeológicos

Anexo III - Resultados das Análises Químicas

Anexo IV - Modelagem Bioscreen

Anexo V - Ensaio Piloto de Remediação

Anexo VI - Histórico dos monitoramentos

Anexo VII - Dados da Remediação

1 Introdução

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do meio ambiente vem aumentando, principalmente com os problemas relacionados à poluição das águas e dos solos. Um grave problema que ocorre em todo o mundo, muito visado pela mídia, são os vazamentos de produtos químicos principalmente em rios e mares, provocando sérios impactos ambientais. Porém, vazamentos subsuperficiais de produtos químicos não são de conhecimento geral da população, uma vez que a mídia não explora tanto este assunto.

As principais causas deste tipo de contaminação são os tanques de armazenamento de combustíveis enterrados de postos de combustíveis. Segundo a ANP (Agencia Nacional do Petróleo) no Brasil há cerca de 37.000 postos de combustíveis, sendo 8.600 somente no estado de São Paulo.

Segundo a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) até novembro de 2008, foram identificadas 2514 áreas contaminadas no estado de São Paulo, sendo 78% destas áreas correspondendo a postos de combustíveis. Somente na cidade de São Paulo foram identificados 657 postos de combustíveis com algum tipo de contaminação.

Mesmo com o aumento na fiscalização dos órgãos ambientais, apenas 3% dos postos de combustíveis do estado de São Paulo que apresentavam algum tipo de contaminação no solo ou na água subterrânea recuperaram a área, deixando-a apta para o uso, e somente 4% estão em processo de reabilitação.

Assim, como várias empresas de consultoria ambiental preocupadas com a melhoria da qualidade do meio ambiente em que vivemos, em 2004 a empresa BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda. realizou um estudo de Investigação de Passivo Ambiental para detectar a presença de contaminantes em um posto de combustível na cidade de São Paulo. Na investigação foi detectada a presença de fase livre e dissolvida de hidrocarbonetos na água subterrânea. Com o avanço dos estudos, notou-se que a pluma de contaminação extrapolava a área do posto e atingia um condomínio residencial que se localiza a jusante do posto.

O condomínio é formado por três prédios residenciais, e possui dois níveis de garagem subterrânea. Este ambiente, pela proximidade com o contaminante, proporciona um elevado risco à saúde humana, devido aos vapores liberados pelo contaminante em um ambiente confinado.

O presente projeto terá enfoque no cenário de risco residencial, o qual corresponde ao condomínio vizinho ao posto de combustível.

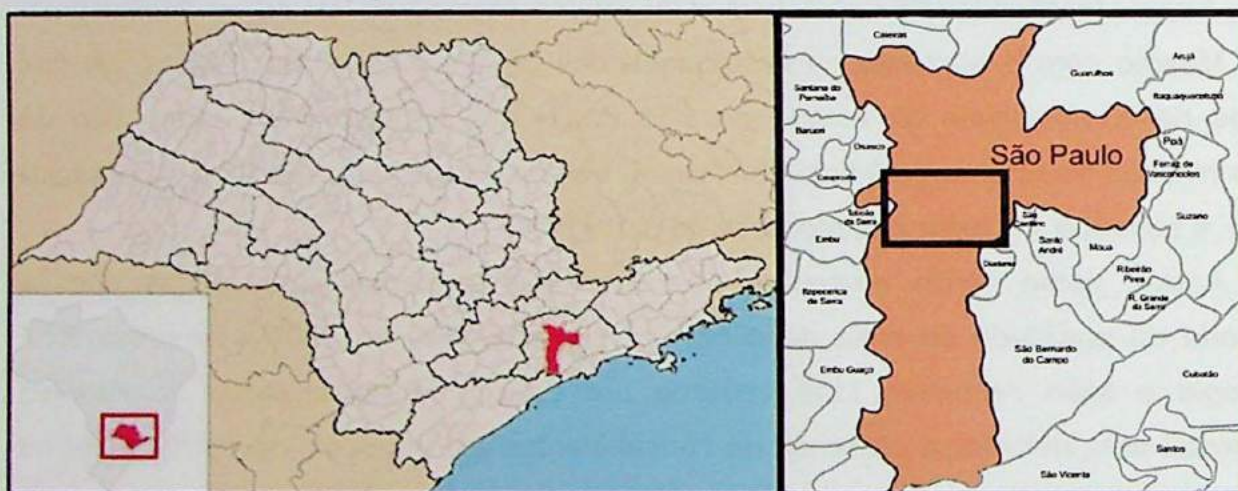
2 Objetivo

O presente projeto tem como objetivo, primeiramente, o detalhamento da contaminação, já identificada, em um condomínio residencial e nos empreendimentos dos arredores. Seguido da realização de uma modelagem da evolução da pluma de contaminação para análise de risco toxicológico, a fim de avaliar os impactos da contaminação sobre a comunidade local e vizinha, além da realização de ensaios de remediação da área.

3 Localização

A área de estudo localiza-se em um bairro da zona sul da cidade de São Paulo (Figura 1). Por se tratar de um cliente da BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda. e devido aos acordos de confidencialidade entre as parte envolvidas, o nome e o exato local do posto de combustível e do condomínio residencial não serão revelados no presente trabalho.

Figura 1 – Localização aproximada da área em estudo



 Localização aproximada da área em estudo

4 Contextualização Preliminar

4.1 Estudos Anteriores

O presente projeto prosseguiu com os estudos de Investigação de Passivos Ambientais realizados pela empresa BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda. em 2004. Nesta primeira investigação foram realizadas oito perfurações de sondagens seguidas da instalação de poços de monitoramentos (PM-01 ao PM-08), todos os poços encontram-se na área do posto de combustível que se localiza a montante do condomínio residencial.

Os contaminantes identificados nesta primeira investigação foram os compostos derivados da gasolina, principalmente Naftaleno, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e

Xilenos Totais. Com os oito poços instalados na área não foi possível delimitar completamente a pluma de contaminação.

Com o avanço dos estudos, notou-se que a pluma de contaminação extrapolava os limites do posto de combustível e atingia o condomínio residencial. Assim, iniciou-se uma nova etapa de investigação, foco do presente projeto.

4.2 Geologia Regional

A cidade de São Paulo está localizada na Bacia de São Paulo, que é composta predominantemente por sedimentos de idades terciárias e por depósitos aluviais de idades quaternárias, que estão depositados sobre rochas do embasamento pré-cambriano, como pode ser visto no mapa geológico na **Figura 2**.

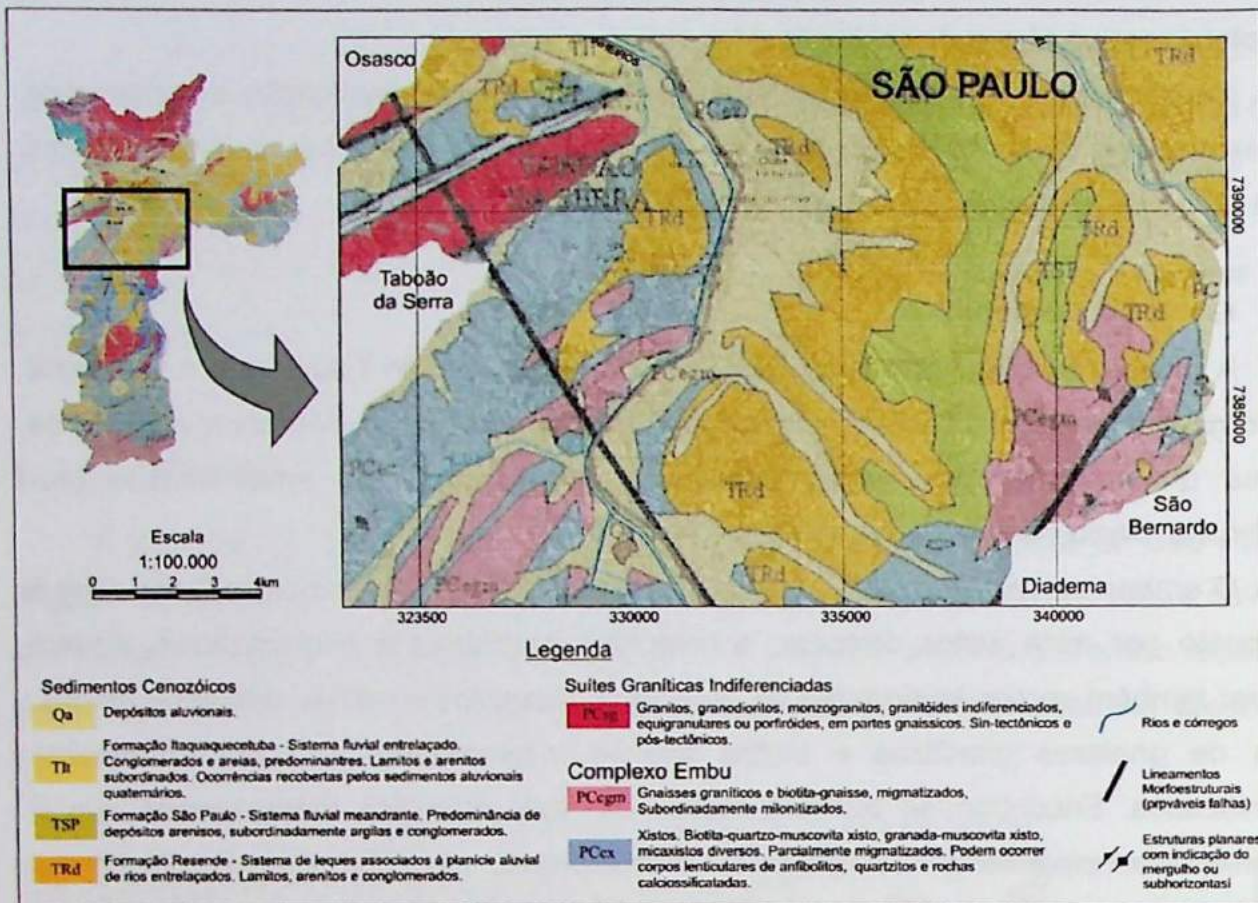
O embasamento é formado principalmente pelas rochas do Complexo Embu, que é composto por mica xistos diversos, encontrados parcialmente migmatizados. Podem ocorrer também corpos lenticulares de anfibolitos, quartzitos e rochas calciossilicatadas; além de gnaisses graníticos e biotita gnaisses, migmatizados e subordinadamente milonitizados. Encontram-se também rochas da Suíte Granítica Indiferenciada que é composta principalmente de granitos, granodioritos, monzogranitos e granitóides indiferenciados, equigranulares a porfiróides, em partes gnáissicos, sin- e pós-tectônicos (Prefeitura do Município de São Paulo, 1999).

A cobertura é cenozóica é composta pelas rochas de idades terciárias das Formações Resende, São Paulo e Itaquaquecetuba, além dos depósitos aluviais de idades quaternárias. A Formação Resende é formada por lamitos, arenitos e conglomerados de sistemas de leques associados à planície aluvial de rios entrelaçados. A Formação São Paulo é formada por depósitos arenosos, subordinadamente argilas e conglomerados, de sistema fluvial meandrante. Já a Formação Itaquaquecetuba é composta predominantemente por conglomerados e areias e subordinadamente por lamitos e arenitos, de sistema fluvial entrelaçado (Prefeitura do Município de São Paulo, 1999).

4.3 Análise de Risco à Saúde Humana

Análise de Risco pode ser definida como sendo o processo de quantificar o risco de um determinado agente em causar danos a um meio ou receptor. Essa análise geralmente é focada para a saúde humana, porém este é um termo utilizado para avaliar o risco de danos para todos os ambientes e seres vivos existentes.

Figura 2 – Mapa Geológico regional



Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo (1999)

Já a Análise de Risco à Saúde Humana avalia especificamente os riscos de danos que um agente pode causar à saúde humana.

A toxicidade de uma substância está diretamente relacionada com a sua concentração em um determinado meio. Para ser considerada prejudicial a um indivíduo ou a um meio, uma substância deve alcançar uma concentração mínima, e quanto menor essa concentração, mais tóxica é considerada a substância.

Assim, a fim de contribuir no processo de gerenciamento da contaminação em estabelecimentos que armazenam e/ou manipulam compostos derivados do petróleo, foi criada a metodologia ACBR (Ações Corretivas Baseadas em Risco). Esta metodologia determinou as concentrações mínimas dos diversos compostos derivados do refino do petróleo para serem considerados tóxicos à saúde humana em diferentes cenários.

A quantificação do risco à saúde humana utilizando a metodologia ACBR é realizada considerando principalmente o meio em que o contaminante é transportado (solo, água ou ar) e o modo como o contaminante atinge o receptor (inalação, ingestão ou contato dérmico).

É possível avaliar o risco à saúde humana em três diferentes níveis, sendo denominados como Nível 1, Nível 2 e Nível 3. O Nível 1 é o que utiliza o menor

detalhamento da área, os valores das concentrações dos contaminantes encontrados na área são comparados aos valores aceitáveis tabelados que correspondem à valores regionais, não sendo valores específicos da área em estudo. Já os Níveis 2 e 3 são avaliações realizadas com um maior detalhamento, são utilizados valores aceitáveis específicos, que são calculados a partir de informações específicas da área em estudo.

Após a avaliação, podem ser tomadas diversas medidas, como a realização de uma avaliação em um grau de detalhamento mais específico da área, ações de remediação, implantação de controles institucionais ou de engenharia, ou planos de monitoramentos da área.

5 Desenvolvimento das atividades

O presente estudo teve início com uma pesquisa bibliográfica, na qual foram consultados os estudos anteriores realizados na área, os aspectos geológicos regionais através de mapas geológicos, a metodologia de elaboração de investigação ambiental e de avaliação de risco, além de técnicas de remediação.

Em seguida, iniciaram-se as etapas da investigação ambiental detalhada, com a instalação de poços, amostragem de solo e água subterrânea, elaboração de mapas e ensaios de permeabilidade. Porém, devido ao atraso nas negociações da continuidade do projeto envolvendo a empresa BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda. e a empresa contratante, e também devido à demora na aceitação, por parte da associação dos moradores do condomínio, para a realização das sondagens nas dependências do condomínio, houve um atraso nas atividades da investigação ambiental detalhada. Assim, foram antecipadas algumas etapas da remediação.

Geralmente, as etapas de remediação são realizadas após o término da investigação ambiental detalhada, pois concluída a investigação é possível ter uma visão mais ampla da contaminação e consequentemente uma escolha mais adequada dos métodos de remediação que serão implantados. Porém, essa antecipação da remediação somente foi possível, pois a pluma de produto em fase livre no local apresentava-se totalmente delimitada, e devido ao fato de a pluma estar sob um ambiente residencial, cenário em que há um maior risco à saúde humana em situações de contaminação.

Concluídas as negociações comerciais entre as partes envolvidas, prosseguiu-se com as etapas de investigação, com a delimitação total da pluma de fase dissolvida e a realização da modelagem matemática de evolução da pluma de contaminação, bem como, as etapas de remediação.

Abaixo, segue o cronograma das atividades realizadas no presente projeto.

	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Levantamento bibliográfico										
Histórico / Uso e Ocupação										
Sondagens / instalação de poços de monitoramento										
Amostragem de água subterrânea										
Confeção de mapa potenciométrico e plumas de contaminação										
Execução de ensaios de permeabilidade										
Relatório de progresso										
Modelagem Bioscreen										
Sondagem / instalação de poços de bombeamento										
Execução de ensaios de remediação										
Monografia										

	Atividades realizadas
--	-----------------------

6 Materiais e Métodos

6.1 Levantamento Histórico

Foi realizado um levantamento histórico da área de estudo e do seu entorno, bem como um levantamento do uso e ocupação do solo, além de uma consulta aos dados públicos do DAEE para localização de poços cadastrados em seus registros. Um mapa de uso e ocupação do solo foi confeccionado com o objetivo de detalhar o entorno quanto aos tipos de uso do solo em que as vias de exposição possam se completar, e enquadrando os tipos de ocupação dentro dos modelos e parâmetros adotados na análise de risco.

6.2 Sondagens

Foram realizadas 52 perfurações de sondagens, executadas com trado manual de tipo concha, com diâmetro de 4 ½".

As sondagens foram locadas levando-se em conta critérios de segurança, proximidade a potenciais fontes, fluxo da água subterrânea e características físicas locais, além de seguir as diretrizes da CETESB, de forma a delimitar a extensão das potenciais plumas de contaminação.

Durante as sondagens foi realizada a descrição visual e das propriedades físicas dos diferentes litotipos encontrados.

6.3 Instalação de poços

6.3.1 Poço de Monitoramento

Foram instalados 35 poços de monitoramentos (PM-09 ao PM-43), tendo como referência a norma ABNT NBR 15495 (Junho/2007) – “Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e construção”.

Os poços foram instalados com tubos de PVC Geomecânico de 2” de diâmetro e seção filtrante em todo o intervalo saturado. O espaço anelar, entre a seção filtrante e a parede da sondagem, foi preenchido com pré-filtro, no intuito de evitar a possível entrada de material particulado no poço, contudo, permitindo a máxima entrada de água em seu interior.

O espaço anelar entre a coluna de revestimentos e a parede de solo foi vedado, logo acima da seção filtrante, com uma camada de bentonita pelletizada. Na porção final, junto à superfície, executou-se a proteção sanitária, com selo de bentonita e argamassa.

Após a instalação, os poços foram desenvolvidos até que a turbidez da água fosse significativamente reduzida (remoção do excesso de sedimentos finos e outros materiais em suspensão). Neste procedimento, foram utilizadas bombas submersíveis de pequenas vazões e diâmetro de 1.3/4”, instaladas através de mangueiras descartáveis.

6.3.2 Poço Multinível

Os poços multiníveis são conjuntos de poços de monitoramento instalados próximos uns aos outros, com as seções filtrantes em diferentes profundidades no interior do aquífero, tendo como referência a norma ABNT NBR 15495 (Junho/2007). Estes poços tem a finalidade de delimitar verticalmente a pluma de contaminação, pois captam a água subterrânea em profundidades maiores que às do poço de monitoramento. Foram instalados três poços multiníveis (PMN-03, PMN-19 e PMN-23), formando com os poços de monitoramento PM-03, PM-19 e PM-23, conjuntos multiníveis.

Esses poços mais profundos foram instalados com tubos Geomecânicos de PVC de 2” de diâmetro e seção filtrante de 1 m, somente no fundo do poço. O espaço anelar entre a seção filtrante e a perfuração de 4.1/2” foi preenchido com pré-filtro composto por areia selecionada visando permitir a máxima entrada de água no interior da coluna do poço. Logo acima da seção filtrante, o espaço anelar entre a coluna de revestimentos e a parede de solo foi vedado com uma camada de bentonita pelletizada. E na porção final, junto à superfície, executou-se a proteção sanitária, com argamassa.

6.3.3 Poço de Observação

Foram instalados dois poços de observação (PO-01 e PO-02), além da renomeação do PM-18 para PM-18/PO-03. Estes três poços foram utilizados para a realização do

ensaio piloto de remediação. A instalação destes poços seguiu os mesmos critérios da instalação dos poços de monitoramento supracitados.

6.3.4 Poço de Bombeamento

Foram instalados 12 poços de bombeamento (PB-01 ao PB-12). A instalação seguiu os mesmos critérios da instalação dos poços de observação supracitados. Estes poços são acoplados ao sistema de remediação e são utilizados para a extração do contaminante.

Os perfis geológicos e construtivos de todos os poços instalados na área encontram-se no **Anexo I**. A localização dos poços é apresentada na **Figura 3**.

6.4 Amostragem

6.4.1 Solo

Foram coletas amostras de solo a cada metro de sondagem para medição das concentrações de VOC – Compostos Orgânicos Voláteis, acondicionadas em saco plástico auto-selante tipo zip. Para a realização das medidas as amostras de solo foram destorroadas, agitadas vigorosamente por cerca de 15 segundos e mantidas em repouso por 10 minutos. Após esse período, a amostra é então novamente agitada por mais 15 segundos e, imediatamente, é realizada a leitura de VOC, através de um pequeno orifício feito no saco plástico. O aparelho utilizado nas medições foi o Thermo GASTECH – SÉRIE INNOVA, devidamente calibrado.

As amostras que apresentaram a mais alta leitura de VOC em cada sondagem foram selecionadas para serem enviadas para o laboratório para análise de BTEX e PAH. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro, todas preservadas através de refrigeração ainda em campo, para garantir sua qualidade.

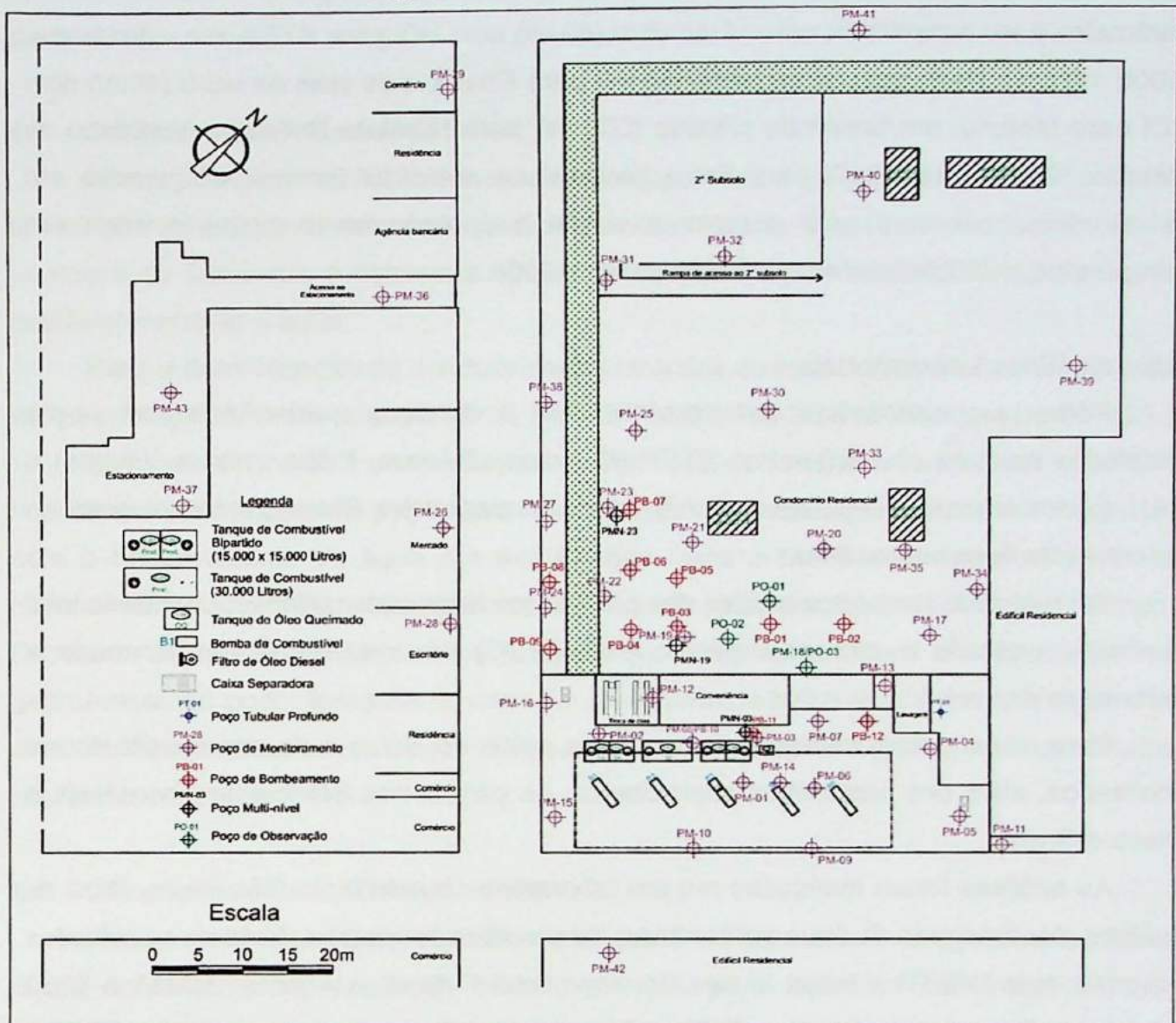
6.4.2 Amostragem Indeformada e Deformada

Foi realizada a coleta de uma amostra indeformada e deformada de solo para a análise de parâmetros físicos e geotécnicos durante a sondagem do PM-28.

Seguindo os padrões da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) a coleta foi realizada utilizando-se um cilindro de aço numerado, de cerca de 5 cm de diâmetro e 5,3 cm de comprimento. O cilindro com a amostra foi lacrado com filme plástico em sua totalidade, com intuito de preservar a sua umidade, e enviado para o laboratório para análise.

Foram analisados os seguintes parâmetros: densidade aparente do solo, umidade natural, porosidade aparente e efetiva. Em uma segunda alíquota foi analisada a porcentagem de carbono orgânico total (TOC).

Figura 3 – Localização dos poços instalados



6.4.3 Água Subterrânea

A coleta de amostras de água subterrânea foi realizada utilizando amostradores descartáveis de polietileno do tipo *bailer*, um para cada poço. O procedimento iniciou-se com a medição do N.A. (nível d'água) e posterior retirada de volume de água, correspondente a três vezes o volume contido no poço. A realização da purga é necessária, pois a água armazenada no poço de monitoramento não apresenta as características físico-químicas naturais do aquífero. A purga foi executada de forma lenta, para não causar rebaixamento excessivo do nível de água, evitando assim a perda de voláteis dissolvidos na água.

Após a purga, aguardou-se a recuperação do nível d'água a valores próximos aos do nível estático, sendo o primeiro volume de água descartado e os seguintes amostrados.

As amostras foram acondicionadas em frascos específicos de acordo com o parâmetro a ser amostrado: um vial de vidro (40 ml) com HCl para BTEX, um vidro âmbar (1000 ml) para PAH, um vial de vidro (40 ml) para Etanol, dois vials de vidro (40ml) com HCl para Metano, um frasco de plástico (500 ml) para Nitrato e Sulfato e um frasco de plástico (500 ml) com HCl para Ferro Ferroso. As amostras ficaram refrigeradas em caixas de isopor com gelo durante a coleta e posteriormente permaneceram em refrigerador, a 4°C, até serem enviadas ao laboratório.

6.5 Análises Laboratoriais

Foram analisados nas amostras de solo e de água subterrânea dos poços instalados na área os parâmetros BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e PAH (Hidrocarbonetos Poli Aromáticos), além do parâmetro Etanol, somente para as amostras de água subterrânea.

Foi realizada também a análise dos parâmetros físicos (densidade, porosidade total e efetiva, umidade e carbono orgânico total - TOC) de uma amostra indeformada e deformada do solo.

Para as amostras de água da entrada e saída do sistema de remediação foram analisados, além dos parâmetros supracitados, os parâmetros Sólidos Sedimentáveis e Óleos e Graxas.

As análises foram realizadas em um laboratório na cidade de São Paulo. Para as análises das amostras de água subterrânea, foram utilizados como referência os métodos descritos pela USEPA (United States Environmental Protection Agency) 5021A e 8260 para as análises dos parâmetros BTEX e Etanol respectivamente, e os métodos USEPA 3510/8270 para a análise dos parâmetros PAH, para a análise de Sólidos Sedimentáveis e Óleos e Graxas foi utilizada a metodologia descrita pela Standard Methods, pelos métodos 2540F/05 para Sólidos Sedimentáveis e 5520B para Óleos e Graxas. Já para as análises das amostras de solo, utilizou-se os métodos USEPA SW-8015 para BTEX e USEPA-8270 para PAH.

Foram analisados também os parâmetros Sulfato, Nitrato, Ferro II e Metano para a realização da modelagem matemática; foram utilizados como referência os métodos descritos pela USEPA 375.4 para Sulfato; 353.3 para Nitrato; e 8015B para Metano; e o método descrito pela Standard Methods 3500 Fe B para Ferro II.

6.6 Levantamento Topográfico

Foi realizado o nivelamento topográfico de todos os poços instalados na área, com intuito de obter as cargas hidráulicas dos poços para a confecção de um mapa

potenciométrico do local, instrumento essencial para obter o sentido e velocidade do fluxo da água subterrânea.

6.7 Condutividade Hidráulica

A condutividade hidráulica é a medida da capacidade do material transmitir a água, em função do gradiente de uma superfície potenciométrica. É uma propriedade do meio poroso e do fluido que o atravessa. Quanto maior a condutividade hidráulica, melhor o aquífero transmite a água.

Para a determinação da condutividade hidráulica do local foram realizados ensaios de recuperação em sete poços (PM-15, PM-16, PM-20, PM-25, PM-29, PM-41 e PM-42).

O ensaio foi realizando mediante a introdução de uma bomba do tipo whale no interior do revestimento do poço, de modo que o N.A. do mesmo sofresse rebaixamento com o bombeamento da água em seu interior. Após o bombeamento, monitora-se o posicionamento do N.A., e obtém-se uma curva de recuperação do N.A. com o tempo. Desta curva são extraídos os parâmetros que, juntamente com as características geométricas do poço, fornecem o valor de condutividade hidráulica. A interpretação dos dados foi realizada com a utilização da equação de Bower & Rice (1976), para os ensaios realizados no aquífero livre.

6.8 Caracterização da Contaminação

Para a caracterização do contaminante, tanto no solo como na água subterrânea, foram confeccionadas mapas de isoconcentração para todos os contaminantes que apresentaram concentrações acima do respectivo valor orientador. Estes mapas foram gerados a partir dos resultados das análises laboratoriais.

Foram utilizados, no presente trabalho, os valores estabelecidos pela Lista de Valores Orientadores da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2005) como base de comparação dos resultados analíticos obtidos nas análises laboratoriais. Porém, nem todos os compostos analisados apresentam valores orientadores determinados pela CETESB, utilizou-se também como base de comparação os valores determinados pela Portaria n° 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, os valores Aceitáveis de Concentração do ACBR - NABR (Níveis Aceitáveis Baseados no Risco) - Para Ingestão de Água Subterrânea em Ambiente Residencial e/ou pela Lista Holandesa – DRT (Dutch Reference Framework) de 2002, ou ainda pelo PRG (Preliminary Remediation Goals) da USEPA Region 9.

6.9 Modelagem Matemática

O modelo matemático de transporte e atenuação utilizado neste trabalho foi o Bioscreen Natural Decision Support System (Version 1.4), o qual se baseia no modelo analítico de transporte de Domenico, e apresenta a habilidade de simular os processos de advecção, dispersão, sorção, assim como o decaimento aeróbico e reações anaeróbicas que se apresentam dominantes em muitos processos de biodegradação de compostos derivados do petróleo, a partir da massa de contaminantes determinada na fase dissolvida.

Assim, a estimativa de evolução da pluma é realizada em relação à área fonte pelo BIOSCREEN, considerando a massa inicial de hidrocarbonetos, e a razão com que estes deixam a área fonte, permitindo a estimativa da concentração versus tempo.

O Bioscreen inclui três diferentes tipos de modelo:

- 1) Transporte de solutos sem decaimento;
- 2) Transporte de soluto com degradação, como um processo de decaimento de primeira ordem;
- 3) Transporte de soluto com biodegradação, como uma reação de biodegradação "instantânea" (limitada por uma cinética microbiológica rápida de oxidação/redução).

O modelo é projetado para simular biodegradação tanto através de reações aeróbicas como anaeróbicas. Na presença de oxigênio dissolvido e um substrato orgânico, os microorganismos de metabolismo aeróbico vão predominar sobre os anaeróbicos. Entretanto, o oxigênio disponível vai ser rapidamente consumido no interior da pluma de contaminação, convertendo estas áreas em zonas anóxicas. Nestas condições, bactérias anaeróbicas passarão a se utilizar de outros aceptores de elétrons para metabolizar os hidrocarbonetos dissolvidos.

As reações de degradação biológicas são reações de redução/oxidação (redox), envolvendo a transferência de elétrons do contaminante orgânico para um aceptor de elétrons. Oxigênio é o aceptor de elétrons para metabolismo aeróbico, enquanto que nitrato, ferro férrico, sulfato e gás carbônico podem servir como aceptores de elétrons para processos anaeróbicos.

Este modelo de reação instantânea foi incorporado ao BIOSCREEN, que contém ainda o modelo da solução de transporte de Domenico e de degradação de primeira ordem. Para isto, o programa corrige as concentrações dos contaminantes sob a influência do fluxo, subtraindo 1 mg/l de massa de composto orgânico, para cada mg/L de capacidade de biodegradação fornecida pelos aceptores de elétrons presentes.

Por meio da simulação da distribuição futura da contaminação, podem ser avaliados os possíveis cenários de exposição e de riscos, atuais e futuros, e são definidas então as medidas de intervenção necessárias.

6.10 Ensaio Piloto para a Remediação

Em junho, foi realizado um ensaio piloto de remediação na área em estudo, de tipo MPE (Extração Multi-fásica) com o intuito de estabelecer o raio de influência para os poços de bombeamento, bem como as condições ideais de funcionamento do sistema de remoção de fase livre.

Para realização desse ensaio, definiu-se que o poço de bombeamento seria o PB-01 e os poços de observação seriam os poços PO-01, PO-02 e PO-03(PM-18), que estão localizados respectivamente a 3,0m, 5,0m e 7,0m de distância do poço de bombeamento. A localização dos poços é apresentada na **Figura 3**.

Para a realização do ensaio piloto, foram utilizados vacuômetros de diferentes escalas, medidor de nível de água e produto (interface), medidor dos compostos orgânicos voláteis (Gastech), termômetro, rotâmetro, medidor de umidade e anemômetro; para aplicação do vácuo utilizou-se uma bomba de vácuo.

Ressalta-se que todas as medidas são realizadas através de equipamentos aferidos e calibrados previamente ao monitoramento, sendo que, a cada análise, os mesmos foram descontaminados com água destilada e detergente não fosfatado.

Durante o ensaio foram realizadas medições de nível de água, nível de produto, vácuo e de VOC nos três poços de observação.

6.11 Instalação do Sistema de Remediação

Foi instalado um sistema de remediação para a extração do produto em fase livre. O sistema implantado foi o de Extração Multi-fásica (MPE), que consiste na aplicação de vácuo no nível da água subterrânea, por meio de uma tubulação no interior do poço, com captação posicionada abaixo do nível estático do aquífero em estudo.

O vácuo produzido no sistema gera pressão negativa no interior do poço de bombeamento, forçando o deslocamento da fase livre em direção ao interior do poço. Esse processo gera um turbilhonamento na água e promove um efeito de "stripping" dos compostos, alcançando uma elevada taxa de remoção de hidrocarbonetos. Esta condição permite a extração de grandes volumes de fase livre e de vapores de hidrocarbonetos, além de permitir a aeração da zona insaturada. Portanto, este sistema atua na zona saturada e na zona não saturada, removendo fisicamente os contaminantes e aumentando a oxigenação de ar no solo, estimulando a biodegradação dos contaminantes por atividade bacteriana aeróbia.

Foram instalados 12 poços de bombeamento (PB-01 ao PB-12). Ressalta-se que ainda existe uma área que apresenta pluma de fase livre que não sofre influência do bombeamento devido à impossibilidade de perfuração.

6.12 Monitoramento dos Poços

Foram realizados em todos os poços instalados na área, monitoramentos da variação do N.A. e da variação das espessuras de fase livre, quando presente. As medições foram feitas com um medidor interface, sendo o mesmo descontaminado após cada medição. Foram realizados quatro monitoramentos entre os meses de agosto e setembro.

6.13 Cálculo do Contaminante em Fase Livre

Considerando os dados dos monitoramentos realizados, foram elaborados os mapas potenciométricos e plumas de fase livre da área.

Com base nos dados e na pluma de fase livre elaborada de acordo com o monitoramento 4, com o sistema desligado, foram realizados os cálculos de área, volume e massa de contaminantes existentes.

6.13.1 Cálculo das Espessuras de Fase Livre

Foi realizado um cálculo para obter uma estimativa da espessura real de produto em fase livre presente em cada poço de monitoramento, uma vez que a espessura de fase livre medida no poço de monitoramento não corresponde à espessura real.

A fase livre ao se infiltrar no solo encontra um aquífero e uma franja capilar estabilizados, não conseguindo penetrar completamente no solo até atingir o nível d'água, assim o produto acumula-se, em partes, acima da franja capilar. Quando é realizada a perfuração de um poço, o produto entra no poço e uma interface água-fase livre se forma abaixo do nível d'água local, devido à menor densidade do produto em relação à água, originando uma espessura de produto maior, não correspondendo a espessura real.

Para o cálculo da espessura de fase livre corrigida foi utilizada a 2ª Equação empírica do método de Pastrovich:

$$Ec_{fl} = Ea (d_a - d_p / d_p)$$

sendo: Ec_{fl} = espessura corrigida de fase livre; Ea = espessura aparente de fase livre; d_p = densidade do produto; d_a = densidade da água.

Este método depende apenas das densidades dos compostos envolvidos para o cálculo da espessura real.

Para atuar de forma conservadora, no cálculo da espessura corrigida de fase livre não será considerada a espessura da franja capilar. A densidade de produto considerada para o cálculo foi de 780 kg/m^3 , que é a densidade da Gasolina.

6.13.2 Área da Pluma de Fase Livre

A área da pluma de fase livre foi delimitada através das observações em campo da presença de fase livre nos poços instalados na área. Com o auxílio do programa AutoCad 2008 desenhou-se a pluma de fase livre e retirou-se as coordenadas de seu entorno; e a partir do programa Surfer 8 calculou-se a área.

6.13.3 Volume da Pluma de Fase Livre

O volume é calculado a partir do programa Surfer 8, que através das espessuras corrigidas apresentadas, faz uma interpolação em que é calculada a área para cada espessura, resultando posteriormente em um volume de solo contaminado. Da mesma forma é realizado o cálculo do volume do solo contaminado considerado as espessuras aparentes, obtendo assim um provável intervalo de volume existente na área de estudo.

6.13.4 Volumes de Produto

Considerando que o produto existente no solo encontra-se nos espaços vazios do solo (porosidade total), e que esses espaços podem estar conectados (porosidade efetiva) ou não, foi calculado o volume de produto na forma de fase livre considerando esses espaços. Ressalta-se que somente o produto existente entre os espaços conectados são passíveis de recuperação.

Desta forma:

$$VP = V \times \eta_e$$

$$VP = V \times \eta$$

Sendo: VP = volume de produto; V = volume total; η_e = porosidade efetiva; η = porosidade total.

Para o cálculo do volume do produto será utilizado o volume de solo contaminado, considerando as espessuras corrigidas e aparentes, estimando assim um intervalo provável de volume de produto existente dentro da área.

6.13.5 Massa de Contaminantes em Fase Livre

A massa de fase livre é calculada considerando o volume total encontrado na área multiplicado pela densidade do produto presente na área. Para este cálculo foi considerada a densidade da Gasolina, igual a 780 kg/m³.

6.14 Cálculo do Contaminante em Fase Dissolvida

Com intuito de quantificar a massa de contaminantes removidos na forma de fase dissolvida, foram realizadas coletas na entrada e saída do tratamento de água para análise dos parâmetros BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos Totais), PAH (Hidrocarbentos Aromáticos Polinucleados), Etanol, Sólidos Sedimentáveis e Óleos e Graxas, além da medição *in situ* do pH e da temperatura da água.

Foi calculada a massa de contaminante em fase dissolvida retirada do solo, tratada pelo sistema e descartada para a rede de esgoto. Assim, foi calculada a eficiência do sistema de remediação considerando a somatória dos resultados analíticos obtidos para os parâmetros BTEX e PAH na entrada e saída do sistema, calculando a porcentagem de contaminante removido em relação ao contaminante tratado.

7 Resultados Obtidos e Discussão dos Resultados

7.1 Levantamento Histórico da Área

O condomínio residencial e o posto de combustível vizinho são construções do início da década de 1970.

Antes da construção tanto do condomínio, como do posto de combustível, o terreno encontrava-se vazio.

O posto de combustível já passou por algumas reformas, sendo que na última no ano 2000 houve a troca do piso, das bombas e dos tanques de armazenamento de combustível. Não havia registros de vazamentos significativos na área.

7.2 Uso e Ocupação do Solo

Para a caracterização do Uso e Ocupação do Solo no entorno da área analisada foram utilizados dados cartográficos em escala apropriada, assim como levantamento de dados públicos.

O mapa de uso e ocupação do solo (**Figura 4**) foi confeccionado com o objetivo de detalhar o entorno quanto aos tipos de uso do solo em que as vias de exposição possam se completar, e enquadrando os tipos de ocupação dentro dos modelos e parâmetros adotados na análise de risco.

O entorno de 300 metros da área analisada apresenta:

A norte: três prédios residenciais, residências, clínicas médicas, comércios locais, uma academia, uma escola e lanchonetes/restaurantes;

A nordeste: uma academia, uma fábrica de comida congelada, um prédio residencial, comércios, escritórios, um posto de combustível, um lava-rápido, uma lanchonete/restaurante e residências;

A leste: lanchonetes/restaurantes, residências, três prédios residenciais, escritórios, comércios e um terreno vazio;

A sudeste: duas agências bancárias, quatro prédios residenciais, residências, comércios, escritórios, três mercados, uma lavanderia, lanchonetes/restaurantes, uma academia e uma área em construção;

A sul: cinco prédios residenciais, residências, comércios, escritórios, lanchonetes/restaurantes, duas lavanderias, um mercado, uma agência bancária, uma marmoraria, um pátio de obras e um estacionamento;

A sudoeste: escritórios, uma escola, residências, comércio, quatro prédios residenciais, duas áreas em construção;

A oeste: residências, quatro prédios residenciais, comércio, uma agência bancária, escritórios, um mercado, lanchonetes/restaurantes, uma igreja e um estacionamento;

A noroeste: três condomínios de prédios residenciais, correio, prédios comerciais, comércios, residências, escritórios, um laboratório farmacêutico, uma agência bancária, uma academia e uma oficina mecânica.

Não foi encontrado nenhum empreendimento no entorno da área analisada que se encontre na Relação de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo, da CETESB datada de novembro de 2007.

Mediante o levantamento de poços cadastrados no DAEE em um raio de 500 metros do perímetro avaliado, foi levantado o registro de 13 poços cadastrados, locados no entorno do empreendimento. Todos os poços possuem pelo menos 47,0 metros de profundidade e são do tipo tubular, com exceção de um poço que possui 40,0 metros de profundidade e é do tipo cacimba.

O Condomínio possui um poço tubular de 102 metros de profundidade. Atualmente, este poço é utilizado para abastecimento de água das partes comuns do condomínio, bem como para realizar a limpeza das áreas externas.

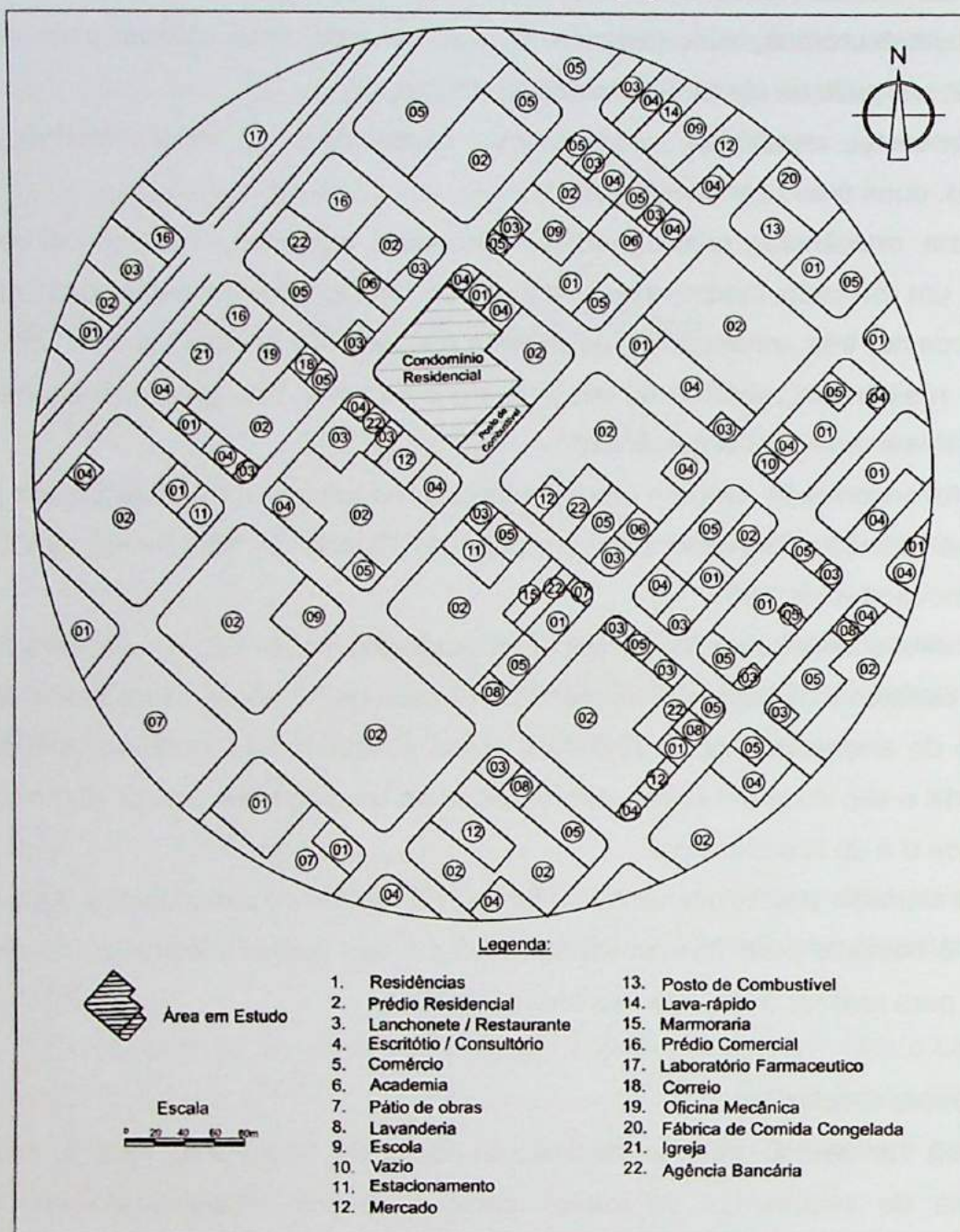
7.3 Aspectos Geológicos

A área de estudo está localizada na Bacia de São Paulo, que é composta basicamente de sedimentos de idades terciárias e por depósitos aluviais, ambas depositadas sobre o embasamento cristalino.

A geologia local foi determinada através das sondagens referentes aos poços instalados.

No local há uma camada de aterro com cerca de 5,0 metros de profundidade, constituído de uma argila siltosa a silte argiloso, com porções arenosas (areia fina a média), com restos de construção, de cor marrom a vermelho.

Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo



Logo abaixo do aterro, encontra-se uma espessa camada de sedimentos terciários, constituída de uma areia fina a grossa, com cascalhos, cinza a bege, e porções de uma argila siltosa bege, e logo abaixo encontra-se uma camada de argila arenosa, cinza a roxa. Não foi possível determinar a base desta camada com as sondagens realizadas; a sondagem mais profunda atingiu cerca de 11,0 metros em relação ao nível da rua, e encontrou-se este sedimento terciário.

Estes sedimentos constituem a Formação Resende que são típicos de sistema de leques associado à planície aluvial, compostos por lamitos, arenitos e conglomerados, como é apresentado no Mapa Geológico (Figura 2).

Na **Figura 5** pode ser observada a localização das seções geológicas elaboradas e apresentadas nas **Figuras 6 e 7**, com base nas informações obtidas na instalação dos poços de monitoramento PM-09, PM-14, PM-01, PM-03, PMN-03, PM-08, PO-02, PMN-19, PM-19, PM-21, PMN-23, PM-23, PM-25 de direção sudeste - noroeste (seção A-A'), e dos poços PM-42, PM-15, PM-02, PM-12, PB-04, PMN-19, PM-19, PB-03, PB-06, PM-21, PM-30, PM-32, PM-40 e PM-41 de direção sul-sudeste - nor-noroeste (seção B-B').

7.4 Aspectos Hidrogeológicos

O aquífero na região em estudo corresponde a um aquífero livre formado pelos depósitos terciários, que é caracterizado como uma unidade hidrogeológica, sedimentar, permeável por porosidade granular, livre e descontínua.

Localmente, o nível d'água do aquífero encontra-se estabilizado entre 4,94 m (PM-15) a 7,21 m (PM-12), na área do posto, e entre 3,58 m (PB-04) e 4,84 m (PM-40) na área do condomínio residencial.

Ressalta-se que os poços instalados na área do condomínio estão localizados na garagem subterrânea, sendo que o primeiro subsolo (onde se encontram a maioria dos poços) está a cerca de 3,0 metros abaixo do nível da rua. Os solos argilo-arenosos e de areia fina a grossa com cascalhos, atravessados pelas sondagens que abrigam o lençol freático, são caracterizados como pertencentes à camadas de sedimentos terciários. O aquífero pode ser considerado como poroso e livre.

A partir da rede de poços instalados na área e do levantamento topográfico realizado, foi possível elaborar o mapa potenciométrico local, apresentado na **Figura 8**, e determinar o sentido de fluxo e gradiente hidráulico. A **Tabela 7.4.1** no **Anexo II** apresenta as cotas topográficas, os níveis d'água e de fase livre, as espessuras aparente e real e as respectivas cargas hidráulicas dos poços instalados na área utilizadas na elaboração do mapa potenciométrico.

O aquífero apresenta um sentido de fluxo de água preferencialmente para noroeste. E um gradiente hidráulico de aproximadamente 3,36%; verificado pelo mapa potenciométrico.

Figura 5 – Traço das seções geológicas e hidrogeológicas

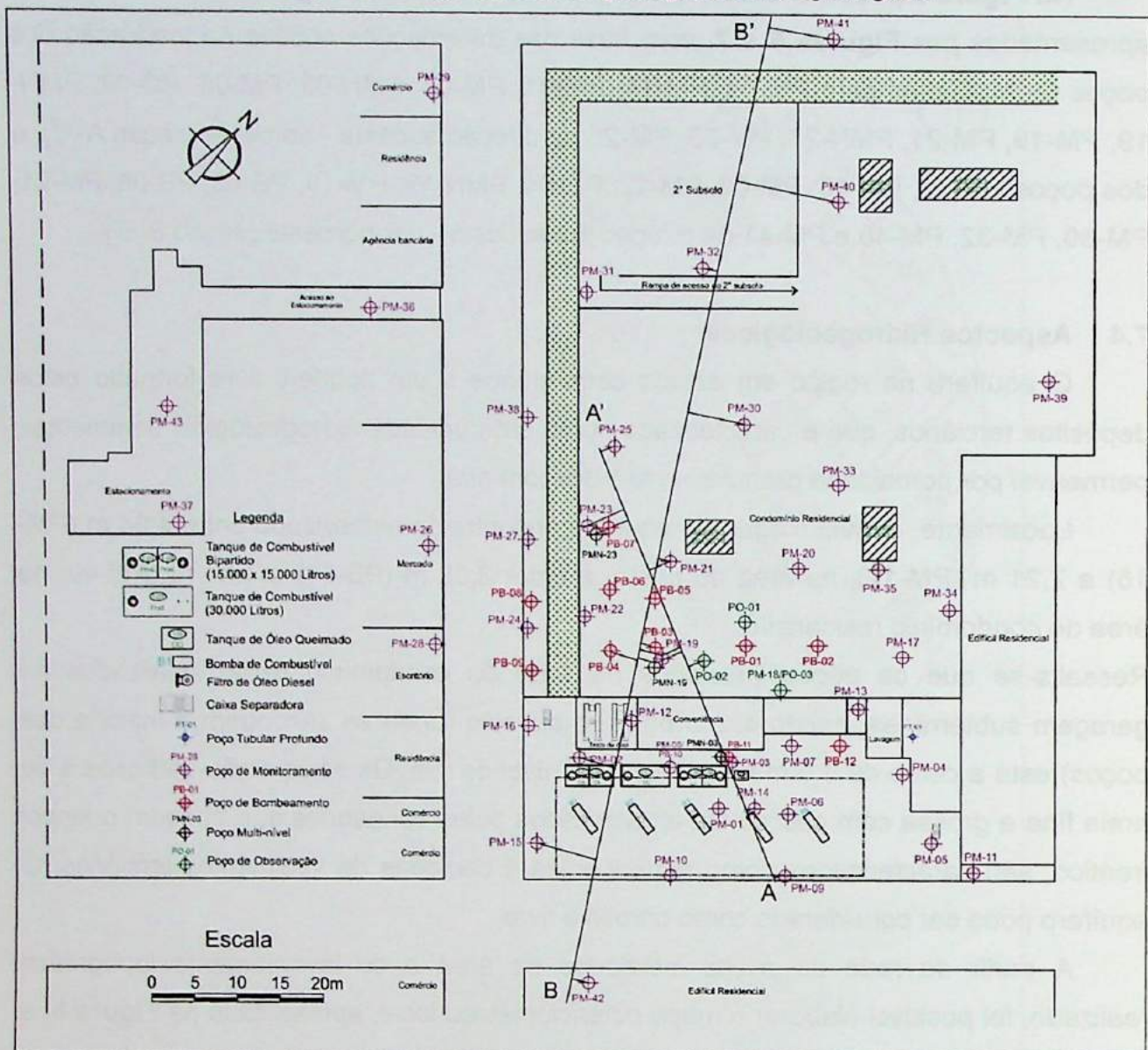


Figura 6 – Seção geológica A-A'

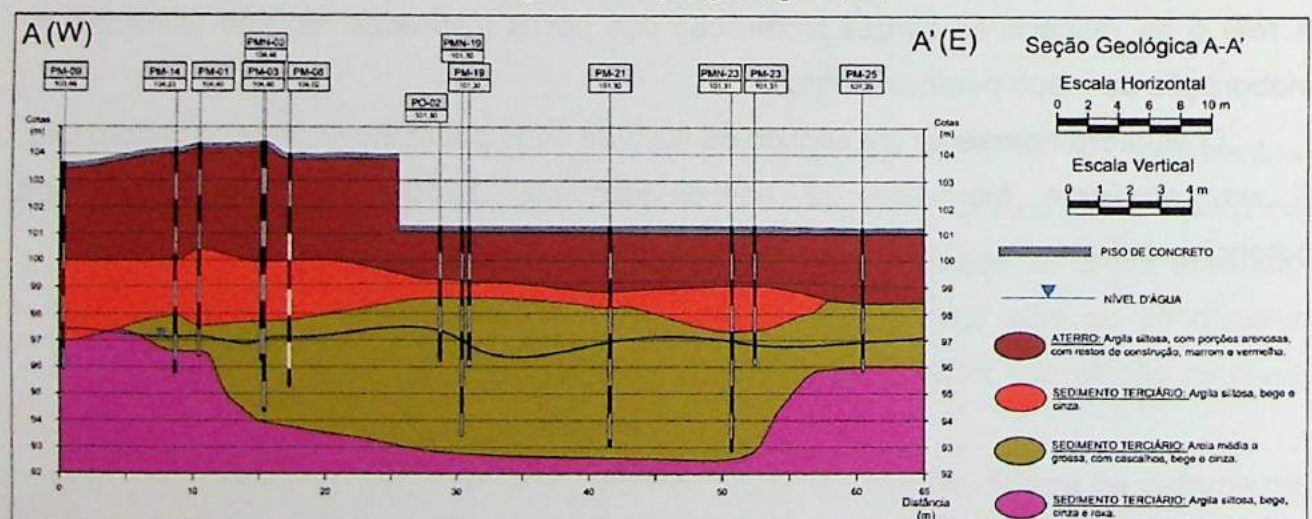


Figura 7 –Seção geológica B-B'

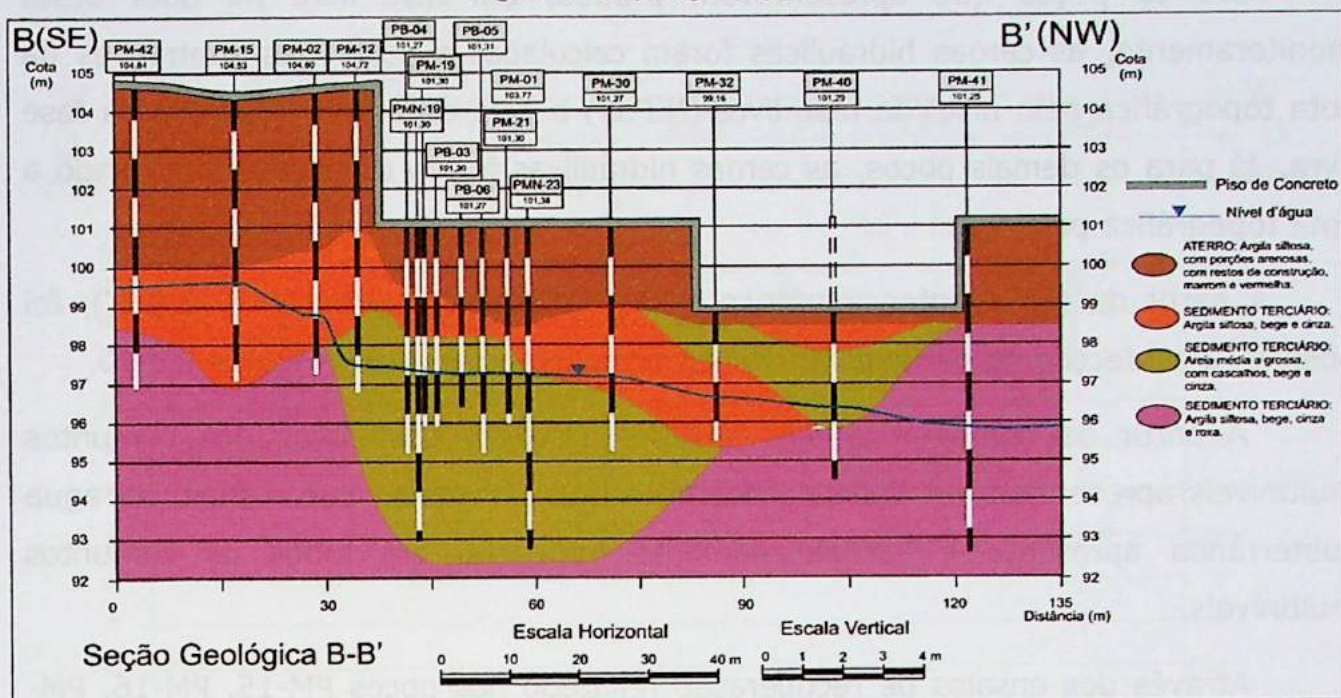
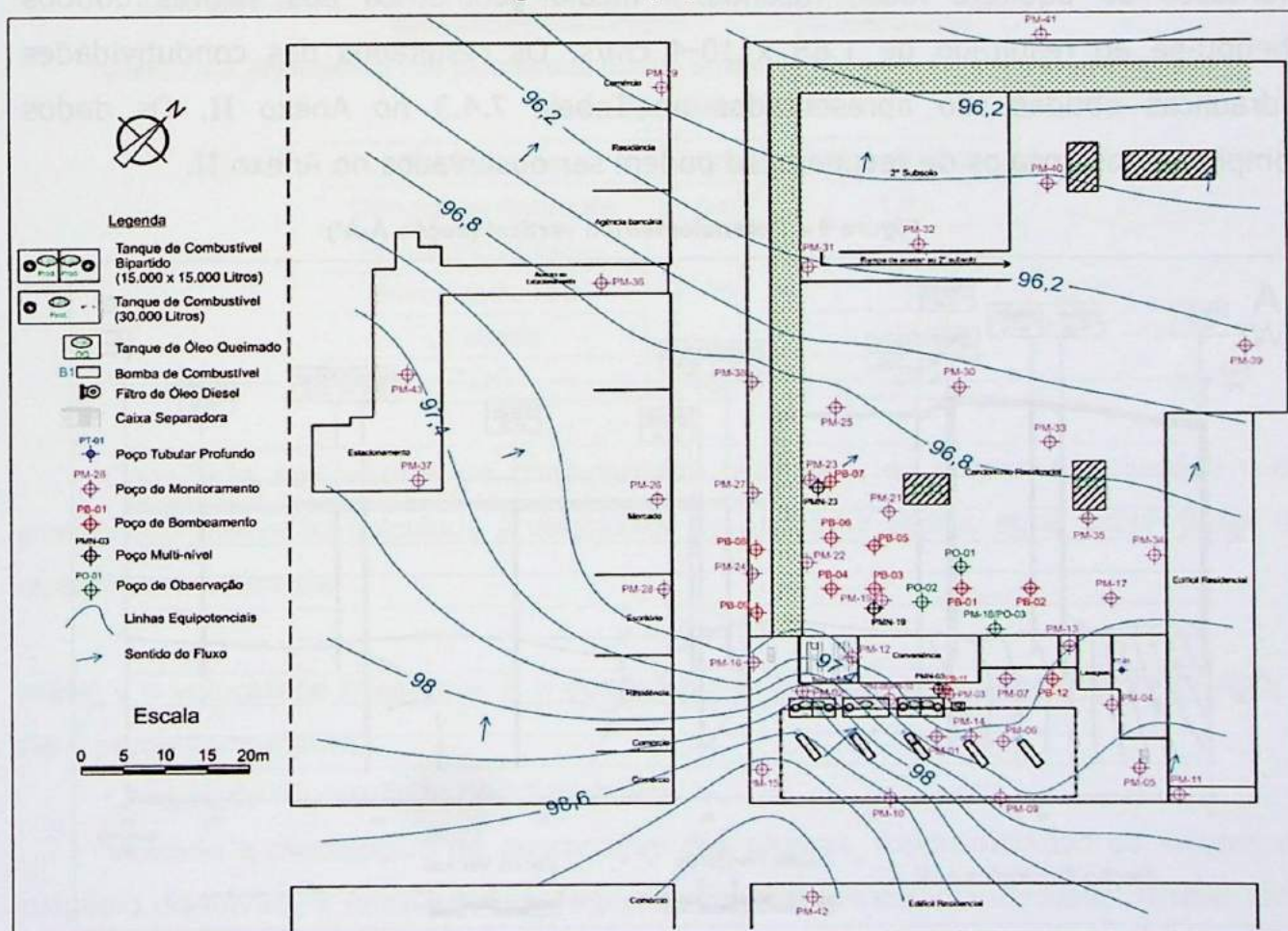


Figura 8 –Mapa potenciométrico



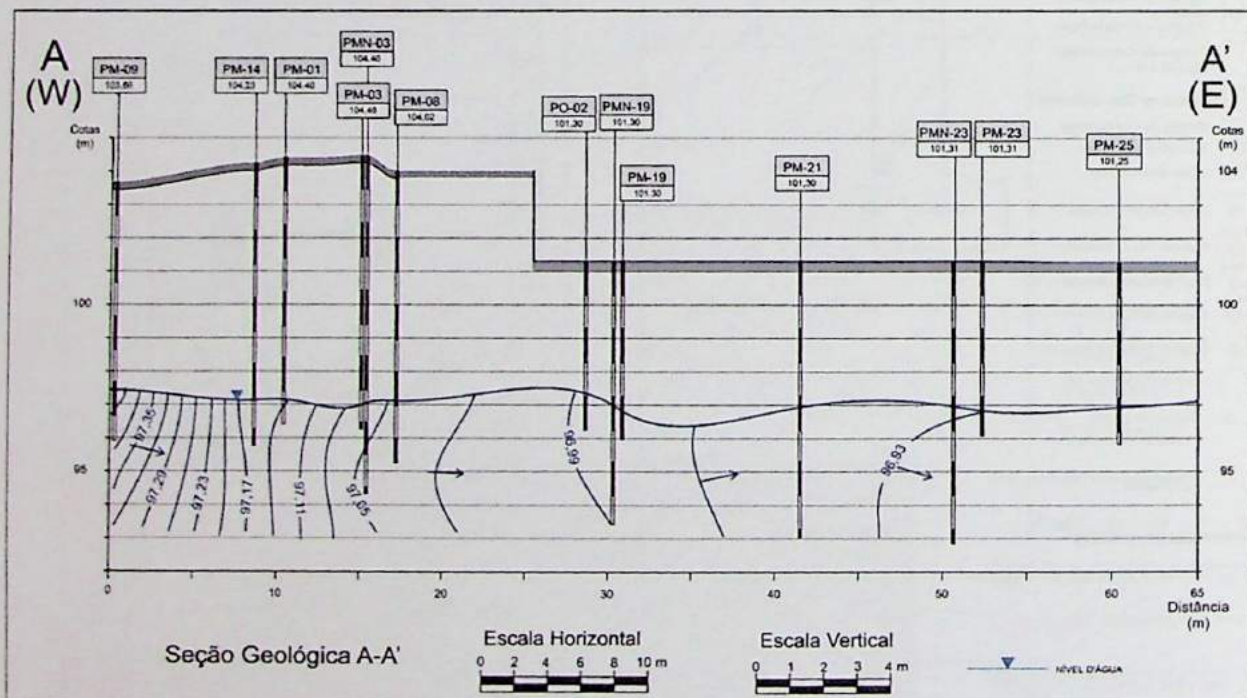
Para os poços que apresentavam produto em fase livre na data deste monitoramento, as cargas hidráulicas foram calculadas a partir das subtrações da cota topográfica pelo nível de fase livre (N.F.L.) e pela espessura corrigida da fase livre. Já para os demais poços, as cargas hidráulicas foram calculadas subtraindo a cota topográfica pelo N.A.

A partir do mapa potenciométrico e das seções geológicas (A-A' e B-B'), foi possível a confecção de perfis potenciométricos apresentados nas Figuras 9 e 10.

A partir da comparação das cargas hidráulicas dos poços dos conjuntos multiníveis apresentado na Tabela 7.4.2 no Anexo II nota-se que o fluxo da água subterrânea apresenta-se aproximadamente horizontal em todos os conjuntos multiníveis.

Através dos ensaios de recuperação realizado nos poços PM-15, PM-16, PM-20, PM-25, PM-29, PM-41 e PM-42 foi possível calcular o valor da condutividade hidráulica do aquífero local, fazendo a média geométrica dos valores obtidos chegou-se ao resultado de $1,88 \times 10^{-4}$ cm/s. Os resultados das condutividades hidráulicas obtidas são apresentados na Tabela 7.4.3 no Anexo II. Os dados completos dos ensaios de recuperação podem ser observados no Anexo II.

Figura 9 – Potenciométrico vertical (seção A-A')



A Tabela 7.4.4 apresenta os resultados da análise dos parâmetros físicos, geotécnicos e de TOC realizada nas amostras de solo indeformada e deformada. estes parâmetros serão utilizados para a realização da modelagem matemática da pluma de contaminação.

Figura 10 – Potenciométrico vertical (seção B-B')

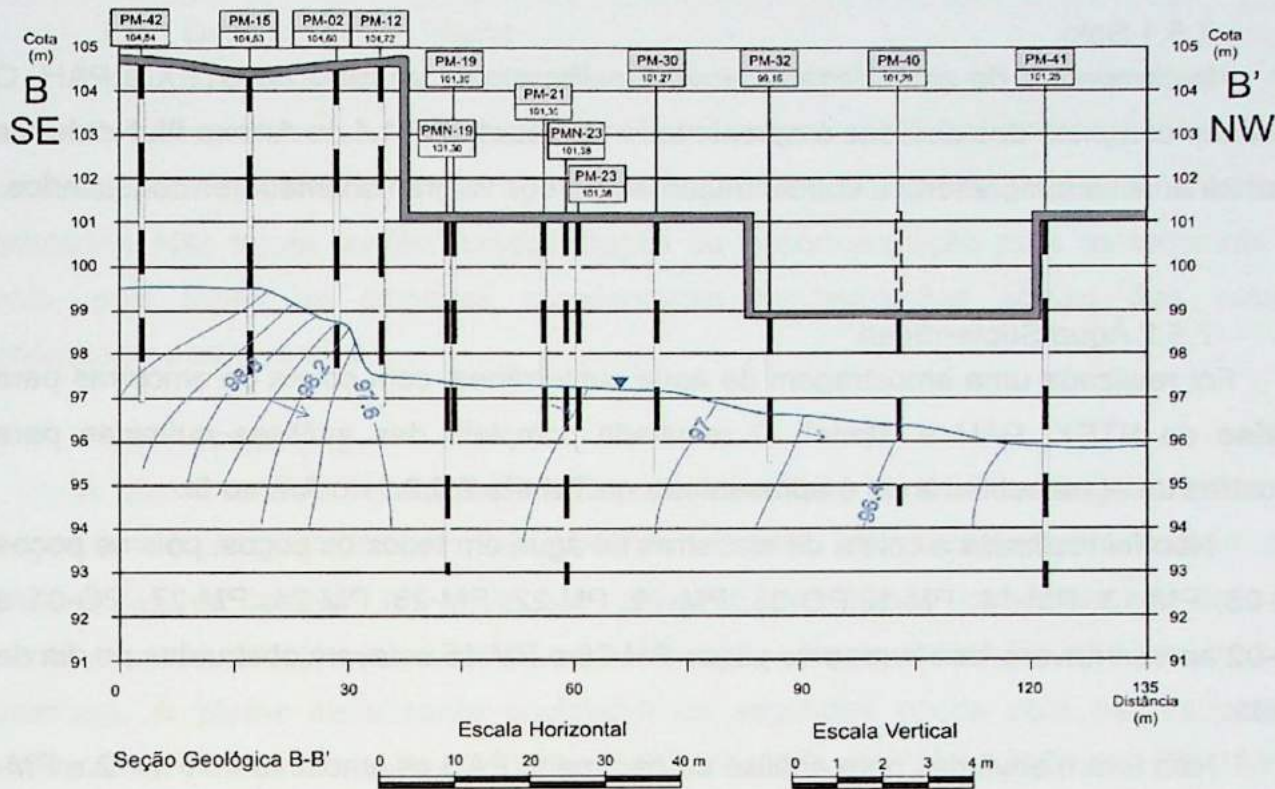


Tabela 7.4.4. Resultados dos parâmetros físicos analisados a partir da amostra deformada e indeformada do solo

Parâmetros	Unidade	Resultados
Densidade Aparente	g/cm ³	1,61
Porosidade Efetiva	%	5
Porosidade Total		20
Umidade		11
TOC	mg/kg	0,082

Com base nos valores de condutividade hidráulica, do gradiente hidráulico e da porosidade efetiva foi calculada a velocidade linear média para a água subterrânea, de acordo com a fórmula:

$$v = K \times i / n_e$$

onde: v = velocidade linear real; K = condutividade hidráulica; i = gradiente hidráulico, e n_e = porosidade efetiva.

Chegou-se no resultado de 39,84 m/ano.

Visando a modelagem da degradação das plumas, foram medidos os valores de oxigênio dissolvido, e analisados os seguintes parâmetros complementares: nitrato, ferro ferroso, sulfato e metano, nos poços de monitoramento PM-15 e PM-21, locados respectivamente, a montante e no foco da pluma de contaminação. A Tabela 7.4.5 no Anexo II apresenta os valores quantificados para as substâncias analisadas, os valores de oxigênio dissolvido foram avaliados *in situ*, nos poços PM-15 e PM-21.

7.5 Análises Laboratoriais

7.5.1 Solo

Na campanha de amostragem de solo realizaram-se análises de BTEX e PAH. O resultado completo das análises é apresentado na **Tabela 7.5.1.1** no **Anexo III**. Nenhuma amostra analisada apresentou concentração acima dos valores orientadores consultados.

7.5.2 Água Subterrânea

Foi realizada uma amostragem de água subterrânea, com coleta de amostras para análise de BTEX, PAH e Etanol. O resultado completo das análises químicas para amostras de água subterrânea é apresentado na **Tabela 7.5.2.1** no **Anexo III**.

Não foi realizada a coleta de amostras de água em todos os poços, pois os poços PM-03, PM-13, PM-14, PM-18/PO-03, PM-19, PM-22, PM-23, PM-24, PM-27, PO-01 e PO-02 apresentavam fase livre; e os poços PM-08 e PM-15 estavam obstruídos no dia da coleta.

Não foram enviadas para análise do parâmetro PAH as amostras do PM-12 e PM-38, devido à baixa recuperação da água nestes poços, pois a quantidade de água não foi suficiente.

Para os compostos dos parâmetros PAH, foi detectada concentração acima do valor orientador somente para o composto Naftaleno somente no poço PM-21. Já para o parâmetro BTEX, foi detectado concentração acima do valor orientador para o composto Benzeno nos poços PM-01, PM-02, PM-06, PM-08 PM-10, PM-12, PM-20, PM-21, PM-25, PM-26, PM-30, PM-31, PM-32, PM-33, PM-35, PM-36, PM-38 e PM-40; para o composto Tolueno no PM-08, PM-12, PM-26, PMN-03 e PMN-23; para o Etilbenzeno no PM-12, PM-21 e PM-26 e para os Xilenos Totais no PM-01, PM-07, PM-08, PM-12, PM-21 e PM-26. Para a análise de Etanol, nenhuma amostra apresentou concentração acima do valor orientador, todas as amostras apresentaram concentração abaixo do limite de detecção do laboratório.

A amostra do poço PM-21 foi a que apresentou as maiores concentrações para os compostos Benzeno (2600 µg/L), Etilbenzeno (1200 µg/L), Xilenos Totais (6700 µg/L) e Naftaleno (242 µg/L); as amostras que apresentaram as maiores concentrações de Tolueno foram dos poços PM-12 e PM-26, 1100 µg/L, nos dois poços.

7.6 Delimitação da Contaminação

7.6.1 Delimitação em Planta

Foram confeccionados mapas de isoconcentrações a partir dos resultados das análises laboratoriais das amostras de água subterrânea coletadas nos poços instalados na área, para os compostos que apresentaram valores acima dos valores orientadores adotados. Não foram confeccionados mapas de isoconcentração para as amostras de solo, pois todas as amostras apresentaram concentrações abaixo dos valores orientadores consultados.

7.6.1.1 Fase livre

A pluma de fase livre presente na área em estudo foi totalmente delimitada com poços de monitoramento em seu entorno. Através de medições em campo das espessuras de produto em fase livre presente nos poços instaladas na área foi confeccionada uma pluma de fase livre, as medições foram realizadas com um medidor interface. A pluma inicialmente englobava os seguintes poços com as respectivas espessuras de fase livre: PM-03 (0,09 m), PM-13 (0,02 m), PM-14 (0,01 m), PM-18/PO-03 (0,24 m), PM-19 (0,18 m), PM-22 (0,12 m), PM-23 (0,14 m), PM-24 (0,01 m), PM-27 (0,22 m), PO-01 (0,15 m) e PO-02 (0,28 m); extrapolando os limites da área do Posto de Combustível e do Condomínio Residencial, atingindo parte da rua a sudoeste do Condomínio. A pluma de fase livre inicial presente na área é apresentada na **Figura 11**. As espessuras de produto presentes nos poços variaram de 1,0 cm (PM-14) a 28,0 cm (PO-02).

Após o início da operação do sistema de remediação, a pluma de fase livre apresentou pequenas mudanças, como a diminuição de sua área, pois o PM-13 não apresentou mais produto em fase livre, e as espessuras presentes nos poços variaram de 1,0 cm (PM-14) a 21,0 cm (PM-27).

No *Item 7.12*, a pluma de fase livre inicial e as suas alterações devido ao sistema de remediação implantado serão melhor apresentados.

7.6.1.2 Fase Dissolvida

A partir dos resultados analíticos das amostras de água subterrânea, foram confeccionados mapas de isoconcentração para os contaminantes que apresentaram concentrações acima dos valores orientadores consultados. Foram confeccionadas plumas para os compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos Totais e Naftaleno. Todas as plumas foram satisfatoriamente delimitadas com poços de monitoramento.

A pluma de Benzeno na água subterrânea é apresentada na **Figura 12**. Nota-se que as maiores concentrações são verificadas no PM-21 e PM-30, enquanto que para os

compostos Etilbenzeno e Xilenos a maior concentração é no PM-21, sem considerar os poços que apresentavam fase livre na época da amostragem para as análises. O foco – PM-21 – associa-se, à pluma de fase livre que se localiza diretamente a montante, estapossivelmente está associada à área de tancagem do posto de combustível e à bomba de combustível B4.

As demais plumas, de Etilbenzeno, Tolueno, Xilenos Totais e Naftaleno (**Figuras 13, 14, 15 e 16**, respectivamente) apresentam geometrias semelhantes, acompanhando a pluma de fase livre inicial da área. Todas as plumas, exceto a de Naftaleno, extrapolam os limites do Posto de Combustível e do Condomínio Residencial, atingindo estabelecimentos do outro lado da rua, assim como a pluma de Benzeno.

Para o Tolueno as maiores concentrações estão no PM-12 e PM-26. O foco no PM-26, possivelmente associa-se também à pluma de fase livre que se localiza a nordeste do poço de monitoramento; já o PM-12 associa-se, possivelmente, à área de troca de óleo do posto de combustível.

Para os compostos Etilbenzeno, Xilenos e Naftaleno, as maiores concentrações são encontradas no PM-21, foco associado à pluma de fase livre.

Figura 11 – Pluma de Fase livre inicial

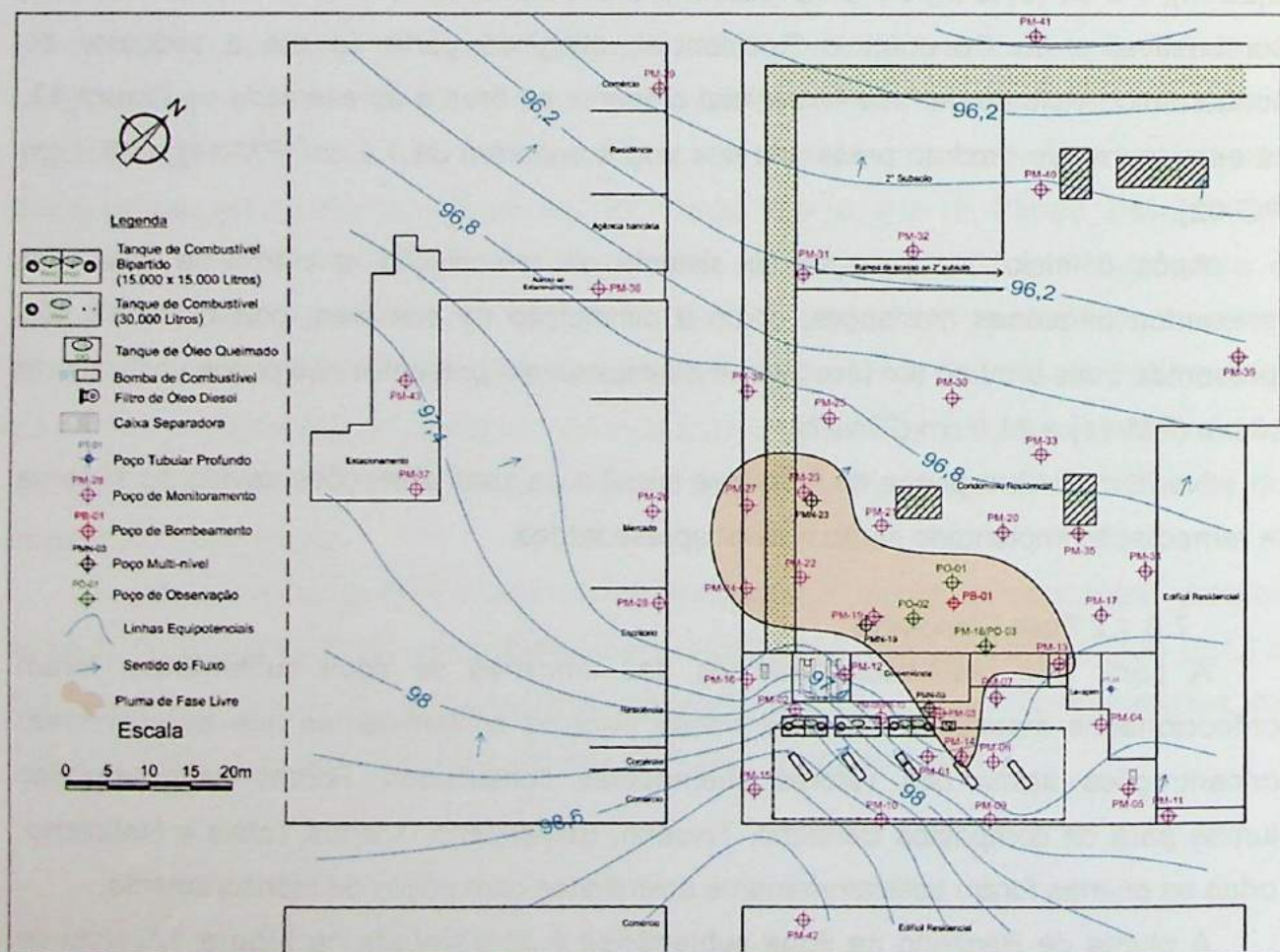


Figura 13 – Pluma de fase dissolvida de Etilbenzeno

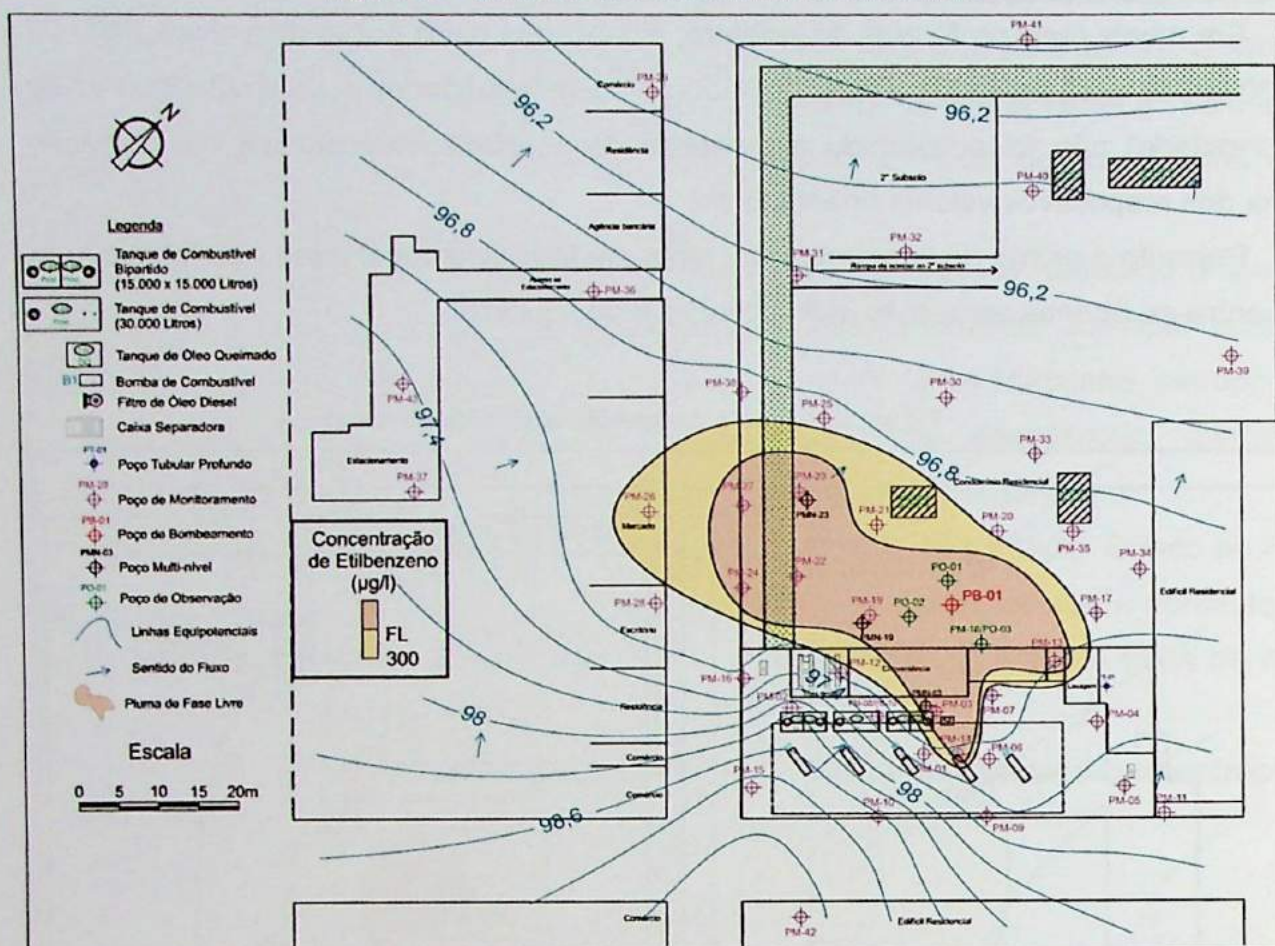


Figura 14 – Pluma de fase dissolvida de Tolueno

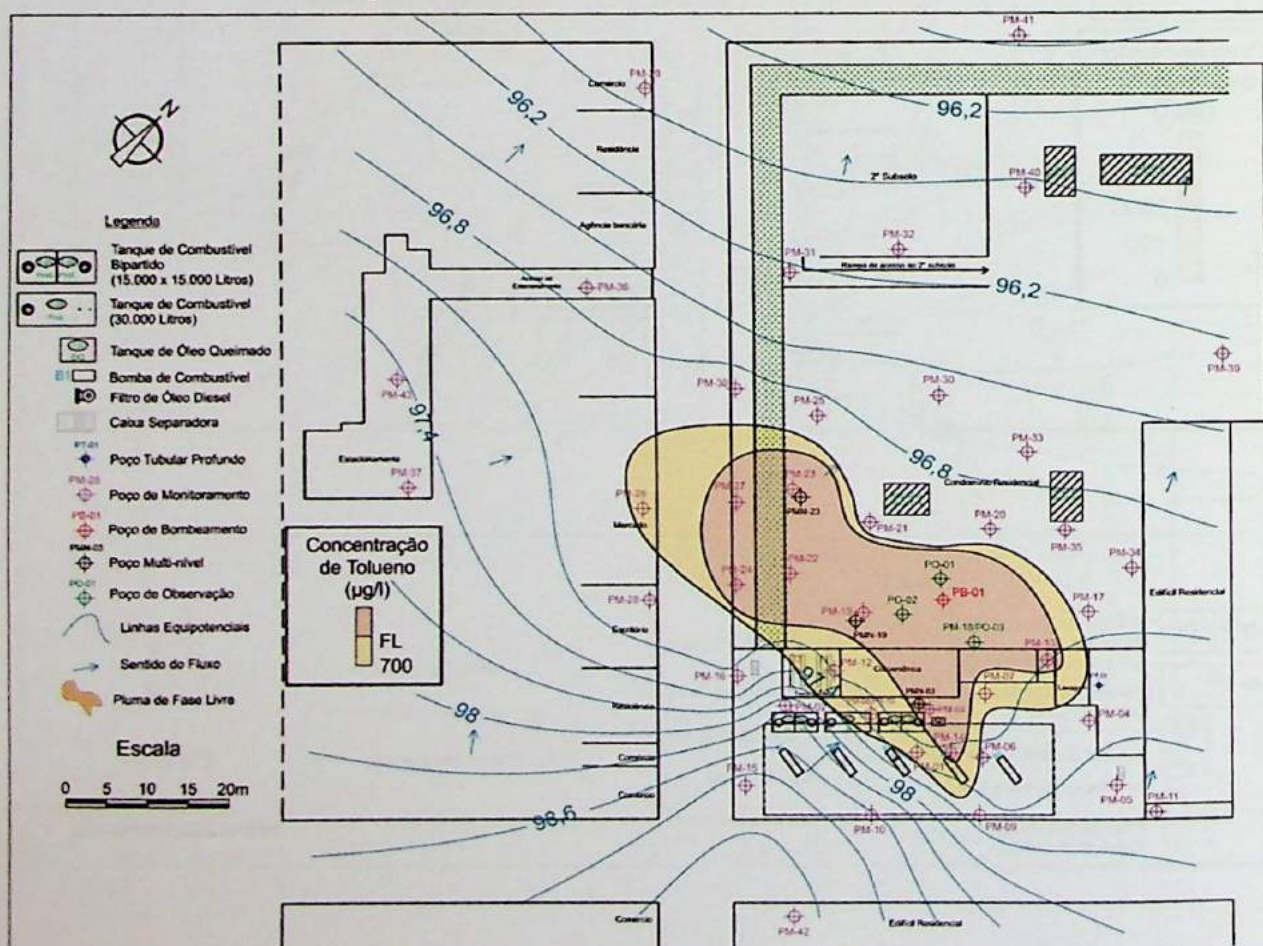


Figura 15 – Pluma de fase dissolvida de Xilenos

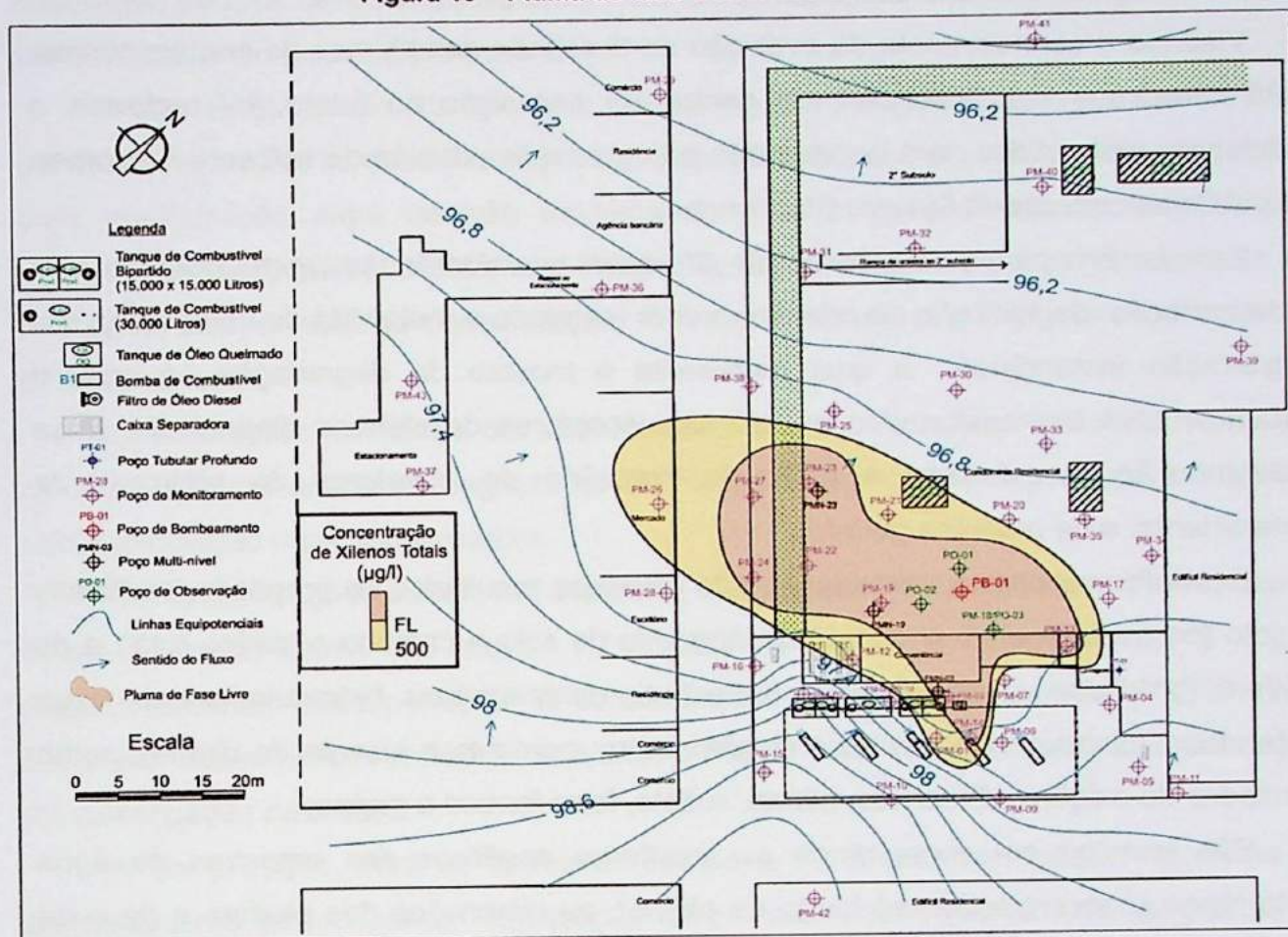
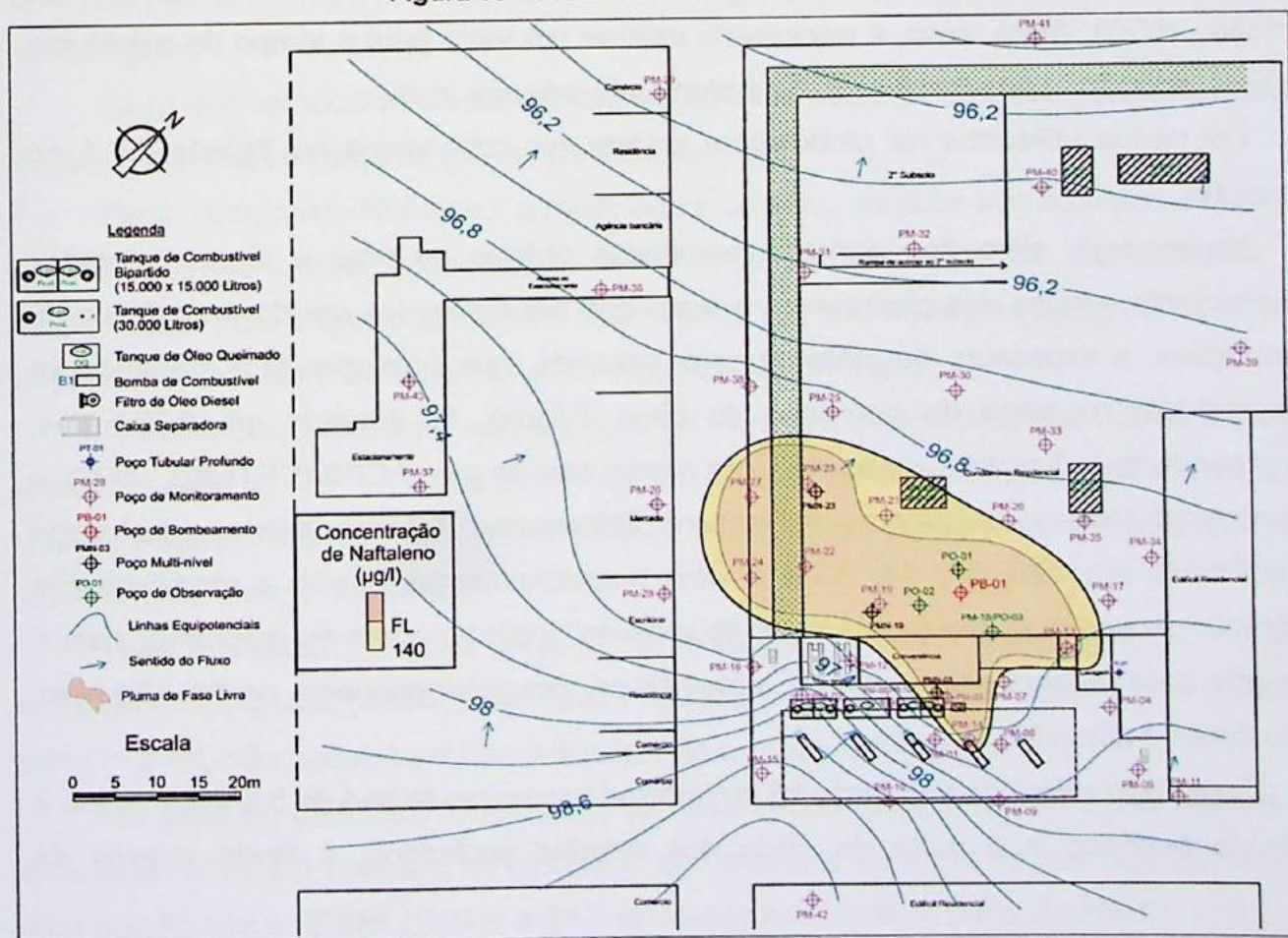


Figura 16 – Pluma de fase dissolvida de Naftaleno



7.7 Modelagem Matemática

Visando o conhecimento da evolução da dimensão das plumas de contaminantes, assim como das concentrações em pontos de exposição no futuro, foi realizada a modelagem matemática para o transporte e degradação, através do software Bioscreen Natural Decision Support System (Version 1.4).

Este modelo permite comparar três diferentes modelos de transporte: por ausência de degradação; degradação de primeira ordem (segundo a meia-vida do composto); e a "degradação instantânea", a qual representa o modelo de degradação no qual o contaminante é biotransformado a partir dos aceptores de elétrons disponíveis. Essa biodegradação é estimada a partir do conteúdo de aceptores de elétrons, de contaminante, e de produtos gerados.

Desta forma, para a modelagem, são utilizados resultados de propriedades físicas do solo (porosidade efetiva, densidade aparente do solo e carbono orgânico total) e do aquífero (gradiente e condutividade hidráulica); características hidroquímicas da água subterrânea (comparando-se concentrações entre montante e jusante da pluma), como resultados de oxigênio dissolvido, nitrato, sulfato, ferro ferroso e metano.

São levados em conta ainda os resultados analíticos das amostras de água subterrânea (concentrações ao longo da pluma), as dimensões das plumas e de suas fontes (comprimento máximo das plumas em pés, massa e espessura das fontes secundárias), e as características físico-químicas dos contaminantes (Coeficiente de Partição - KOC). Além disso, é necessário estimar um valor para o tempo de existência da contaminação, e desenvolvimento da pluma até a época atual.

Os dados utilizados na modelagem podem ser observados na **Tabela 7.7.1** no **Anexo IV**.

No modelo, além dos dados e resultados obtidos na área e já apresentados anteriormente, alguns dos parâmetros tiveram que ser estimados devido à ausência de informações: a espessura da fonte na zona saturada (que corresponde à presença de fase residual na zona de oscilação do nível d'água), foi adotada em 6,564 pés, correspondente a 2 metros, de acordo com o estabelecido pelo ACBR (CETESB, 2006); o comprimento máximo das plumas de Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno, Xilenos e Naftaleno foi estimado em 220, 31, 14, 35 e 5 pés, respectivamente, após a modelagem e calibração das plumas iniciais. Ao invés do valor de "0 pés" (padrão do programa) para o fator alfa z de dispersividade vertical, optou-se por um valor pequeno, porém não nulo, equivalente a $\alpha_y/50$.

O período inicial de simulação foi considerado como um tempo de 5 anos, inferido a partir do histórico e a partir do início dos estudos realizados, e ainda através da

calibração com os dados reais da área. Para as simulações de 5 e 10 anos, foi somado portanto esse tempo inicial de 5 anos.

As planilhas Excel utilizadas pelo modelo podem ser visualizadas no **Anexo IV**. A primeira tela mostra os dados de entrada e as opções disponíveis. A segunda tela mostra uma comparação entre os três modelos de transporte: ausência de degradação; degradação de primeira ordem; e a "degradação instantânea", em contraste com os dados de campo reais de concentração. A terceira tela mostra a pluma modelada em duas dimensões.

Nos modelos, a massa de contaminante foi definida como "infinita", isto é, os modelos não consideraram degradação na massa e nas concentrações da área fonte, numa simulação mais conservadora.

As concentrações iniciais de Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno, Xileno e Naftaleno foram definidas como 2,6 mg/L, 1,2 mg/L, 1,1 mg/L, 6,7 mg/L e 0,242 mg/L, respectivamente, correspondente à concentração mais alta encontrada (PM-21 para Benzeno, Etilbenzeno, Xilenos e Naftaleno, e PM-26 para Tolueno) durante a execução da investigação detalhada.

A comparação entre os dados de campo e os diferentes modelos aproxima-se principalmente do modelo de degradação de primeira ordem (curva azul no gráfico da modelagem) para os compostos Benzeno e Xilenos Totais. Para o Etilbenzeno o modelo que mais se aproximou foi o de ausência de degradação (curva vermelha no gráfico da modelagem).

Já para o composto Tolueno o modelo que mais se aproximou foi o de "degradação instantânea" (curva verde no gráfico da modelagem).

Para o composto Naftaleno, a modelagem coincidiu para os três modelos, logo será considerado na extrapolação para 5 e 10 anos futuros o modelo de ausência de degradação, pois, mesmo tendo sido observados indícios de biodegradação, adotou-se este modelo por ser o mais conservador entre os três propostos.

A extrapolação mostrou que a pluma de Benzeno deverá alcançar 350 pés (106,7 metros a partir do PM-21) e 425 pés (129,6 m), a partir da extrapolação para 5 e 10 anos futuros respectivamente, atualmente o limite a jusante da pluma encontra-se a 220 pés (67,0 metros a partir do PM-21).

Para o composto Xilenos Totais a pluma com 35 pés (114,8 m a partir do PM-21), tanto na extrapolação para 5 quanto para 10 anos futuros, se estabilizará em cerca de 39 pés (11,9 m), não aumentando de sua extensão mesmo após esse período.

No caso do composto Etilbenzeno foi observado o comportamento das plumas na simulação em 5 e 10 anos, e foi concluído que a pluma atual em 31 pés (9,5 m), deverá alcançar 65 pés e 97 pés (19,8 m e 29,6 m) respectivamente, a partir do PM-21.

Para o Tolueno, a pluma atualmente a 14 pés (4,27 m) a partir do poço PM-26, alcançará 48 pés (14,63 m) e em 84 pés (25,60 m) nas simulações de 5 e 10 anos respectivamente.

Já para o Naftaleno, a pluma atualmente a 5 pés (1,5 m) a partir do PM-21, segundo a modelagem, alcançará 12 pés (3,65 m) e 14 pés (4,27 m) nas extrapolações de 5 e 10 anos futuros respectivamente.

7.8 Análise de Risco

Os resultados obtidos nas análises identificaram como substâncias químicas de interesse (SQI), o Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos e Naftaleno na água subterrânea.

Os SQI foram comparados com os valores aceitáveis de concentração chamados de NABR (Níveis Aceitáveis Baseados no Risco) definidos pela CETESB (2006), que constam nas Tabelas de Referência para análise de risco de Nível 1 (ACBR 2006), que considera o risco à saúde humana e dados gerais para o Estado de São Paulo.

A **Tabela 7.8.1** exibe essa comparação entre os NABRs para os cenários residenciais e comerciais, e a concentração máxima dos SQI para água.

Tabela 7.8.1 – Concentração máxima obtida para as amostras de água subterrânea (mg/L) e valores de NABR do ACBR (2006) para análise de Nível 1.

Composto	Cenários	Inalação de vapores em ambientes abertos	Inalação de vapores em ambientes fechados	Contato Dérmico com a Água Subterrânea	Concentração Máxima Obtida na Água
Benzeno	R	2,31E+01	1,18E-01	1,52E-01	2,60E+00
	C	2,99E+01	2,83E-01	5,90E-01	
Etilbenzeno	R	1,52E+02	7,57E-01	1,58E-01	1,20E+00
	C	1,98E+02	1,81E+00	6,16E-01	
Tolueno	R	3,41E+03	1,71E+01	6,61E+00	1,10E+00
	C	4,43E+03	4,09E+01	2,57E+01	
Xilenos	R	1,12E+03	5,88E+00	4,27E+00	6,70E+00
	C	1,46E+03	1,41E+01	1,66E+01	
Naftaleno	R	1,75E+02	1,32E+00	4,31E+00	2,42E-01
	C	2,27E+02	3,15E+00	1,68E+01	

As concentrações destacadas apresentam-se inferiores às maiores concentrações detectadas em campo.

As concentrações obtidas na área para o composto Benzeno se apresentaram acima dos valores NABR comercial e residencial para os cenários de inalação de vapores em ambientes fechados e para contato dérmico com a água subterrânea.

Para o composto Etilbenzeno as concentrações apresentaram-se acima do valor residencial para o cenário de inalação de vapores em ambientes fechados e acima dos

valores residencial e comercial para o cenário de contato dérmico com a água subterrânea.

As concentrações encontradas para Xilenos ultrapassaram o limite NABR comercial para os cenários inalação de vapores em ambientes fechados e para contato dérmico com a água subterrânea.

Já os compostos Tolueno e Naftaleno não apresentaram concentrações acima dos valores NABR para os cenários listados. Suas concentrações apresentam-se apenas superiores aos limites de intervenção definidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde e/ou CETESB (2005), correspondente ao cenário de Ingestão de água subterrânea

A partir da delimitação das áreas impactadas pelas plumas, da modelagem da evolução futura das plumas, e da comparação com os valores de NABR, os cenários válidos de exposição podem ser avaliados. As **Figuras 17 a 25** apresentam a distribuição da contaminação na água subterrânea (incluindo a extensão máxima das plumas prevista pelas modelagens), com relação aos valores de NABRs,

As **Figuras 17 e 18** mostram a simulação para a pluma de Benzeno na água subterrânea para o período de cinco anos e em sua extensão máxima (para o período de dez anos), respectivamente, em relação aos valores de NABR. Podem ser observadas as áreas de restrição para Ingestão de água subterrânea, 0,005 mg/L, definido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde e/ou CETESB (2005), inalação de vapores provenientes da água subterrânea em ambientes fechados, residencial (0,118 mg/L) e comercial (0,283 mg/L), e contato dérmico residencial (0,152 mg/L) e comercial (0,590 mg/L).

Como pode ser observada, a área de restrição de ingestão de água subterrânea extrapola os limites do posto de combustível e do condomínio e alcança estabelecimento do outro lado da rua a noroeste do condomínio, como duas lanchonetes, comércios e uma academia; e do outro lado da rua a sudoeste do condomínio atinge um mercado, uma agencia bancária e um restaurante.

As concentrações de NABR para inalação em ambientes fechados residencial atingem um mercado que se localiza do outro lado da rua a sudoeste do condomínio, além da área do posto de combustível e da garagem do condomínio residencial em estudo; devido a esta última, esta via de exposição, portanto se completa.

Para o cenário de inalação em ambientes fechados, comercial, as concentrações também atingem o mercado, além da loja de conveniência do posto de combustível completando assim a via de exposição.

Figura 17 – Mapa de risco de Benzeno (Simulação para 5 anos)

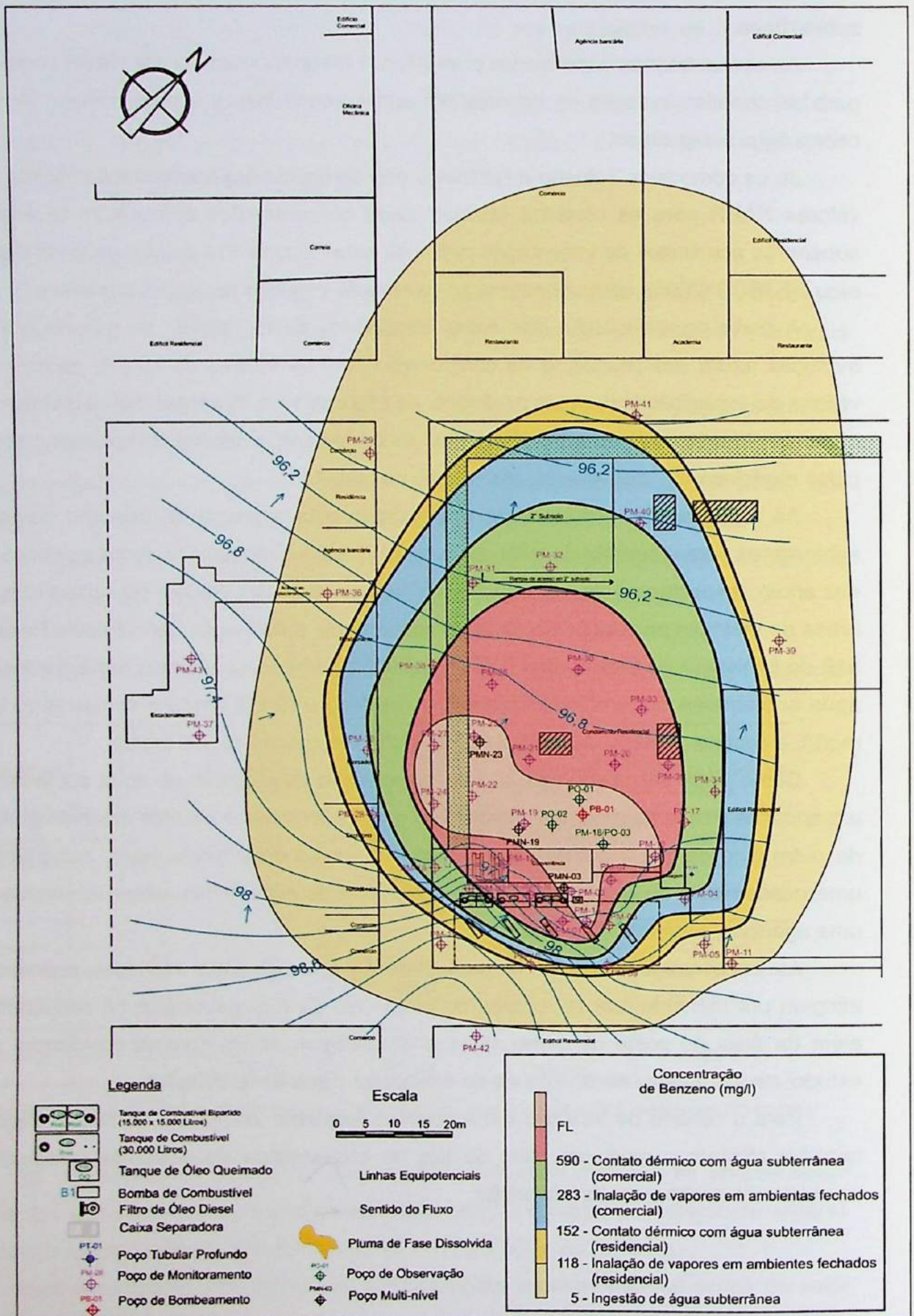
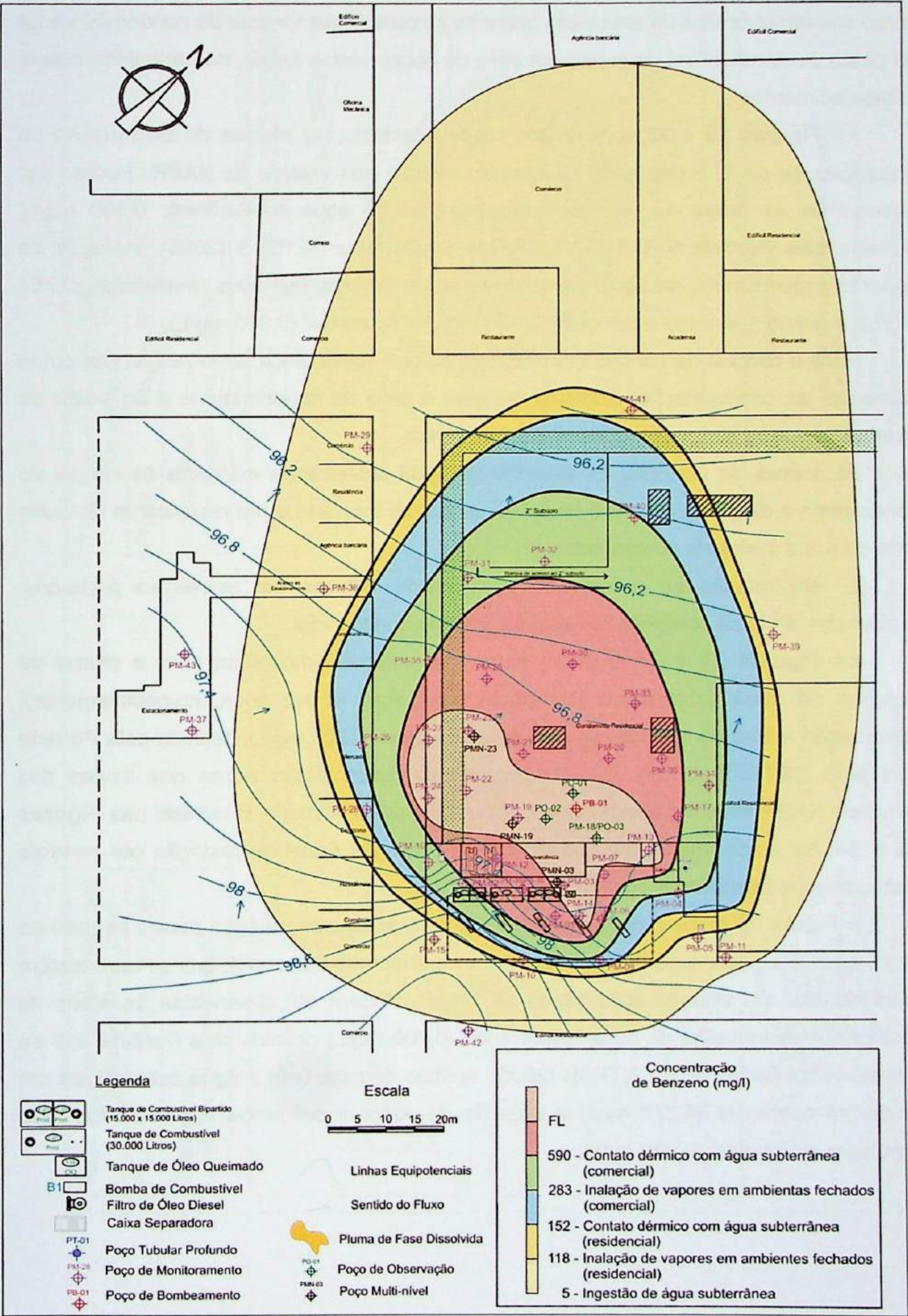


Figura 18 – Mapa de risco de Benzeno (Simulação para 10 anos)



Já para o cenário de contato dérmico com a água subterrânea tanto residencial como comercial as vias de exposição somente se completam na área do condomínio e na do posto de combustível, somente em caso de obras nestes locais, não atingindo outros estabelecimentos.

As Figuras 19 e 20 apresentam, respectivamente, as plumas de Etilbenzeno na simulação de cinco e dez anos futuros, em relação aos valores de NABR. Podem ser observadas as áreas de restrição para Ingestão de água subterrânea, 0,300 mg/L, definido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde e/ou CETESB (2005), inalação de vapores provenientes da água subterrânea em ambientes fechados residencial (0,757 mg/L), e contato dérmico residencial (0,158 mg/L) e comercial (0,616 mg/L).

Para o cenário de contato dérmico com a água subterrânea tanto residencial como comercial as concentrações somente atingem a área do condomínio e a do posto de combustível, não atingindo outros estabelecimentos.

Já a área de restrição de ingestão de água subterrânea extrapola os limites do condomínio e do posto de combustível atingindo um mercado e um restaurante do outro lado da rua a sudoeste do condomínio.

E, em relação ao cenário de inalação de vapores em ambientes fechados, residencial, a via se completa somente na área do condomínio.

As Figuras 21 e 22 mostram a máxima extensão modelada para a pluma de Tolueno na água subterrânea (simulação para cinco e dez anos, respectivamente), delimitando a área de restrição para ingestão de água (0,700 mg/L), definido pela Portaria 518 e/ou CETESB (2005). Não foi encontrado concentração acima dos limites dos cenários NABR listados; assim como para o composto Naftaleno, mostrado nas Figuras 23 e 24. As áreas impactadas serão, portanto, apenas áreas de restrição por controle institucional a ingestão de água subterrânea.

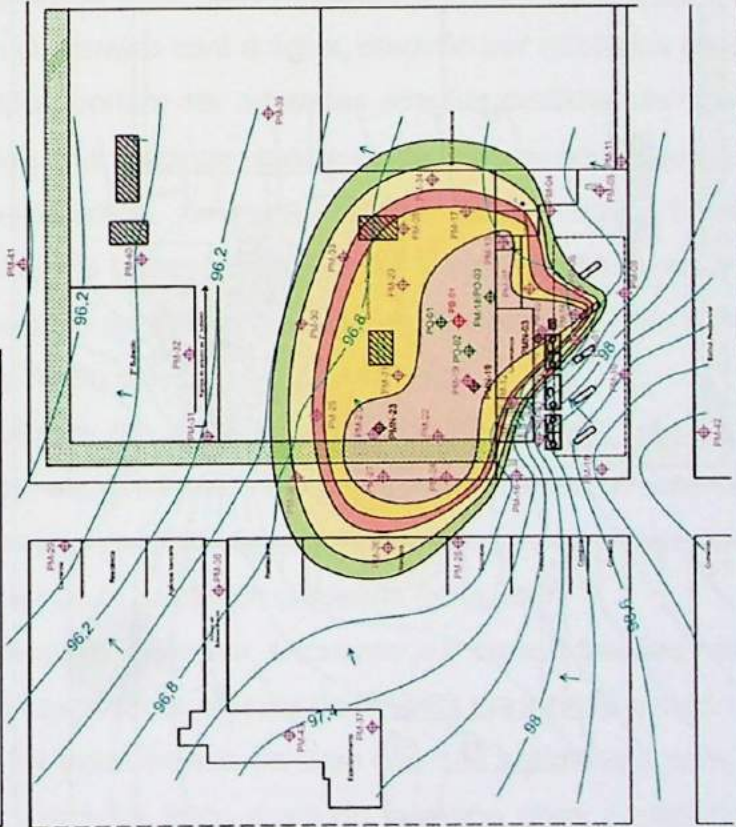
A Figura 25 exibe a simulação para a pluma de Xilenos na água para o período de cinco anos e em sua extensão máxima (para o período de dez anos), que se apresentam coincidentes, em relação aos valores de NABR. Podem ser observadas as áreas de restrição para Ingestão de água subterrânea (0,500 mg/L) definido pela Portaria 518 do Ministério da Saúde e/ou CETESB (2005), contato dérmico com a água subterrânea em ambiente comercial (4,270 mg/l) e inalação de vapores em ambientes fechados para ambiente residencial (5,880 mg/l).

Título: Mapa de risco de Etilbenzeno (Simulação para 5 anos)

Figura 19

Projeto: TF-2009/18

Responsável: Lucas Takeshi Kimura Claudio



Legenda

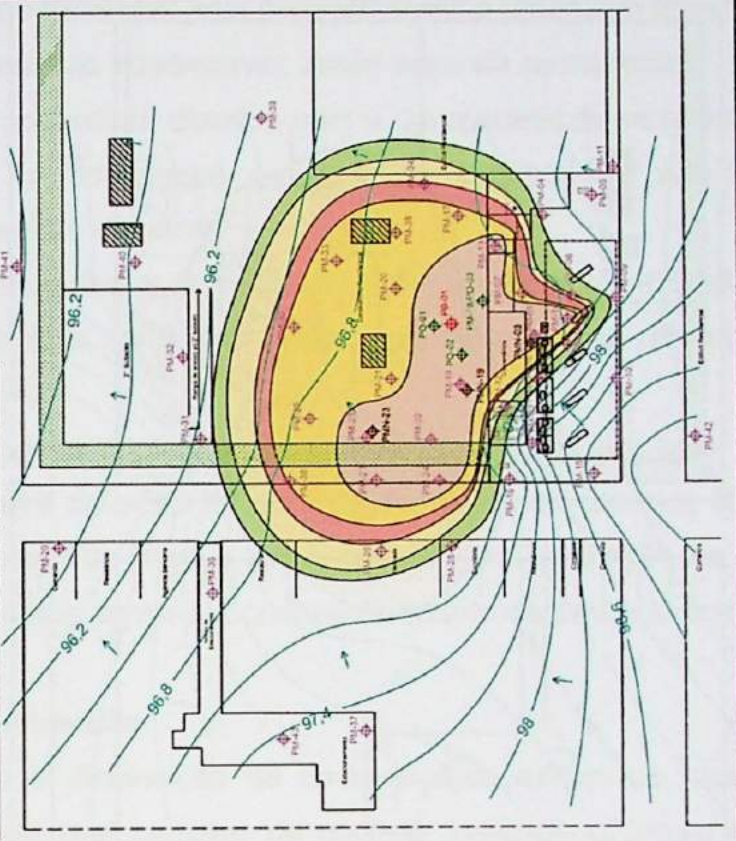
- Tanque de Combustível Biquilva (15.000 x 15.000 Litros)
- Tanque de Combustível (30.000 Litros)
- Tanque de Óleo Queimado
- Bomba de Combustível
- Filtro de Óleo Diesel
- Caixa Separadora
- Poço Tubular Profundo
- Poço de Monitoramento
- Linhas Equipotenciais
- Sentido do Fluxo
- Pluma de Fase Dissolvida
- Poço de Observação
- Poço Multi-nível
- Poço de Bombeamento

Título: Mapa de risco de Etilbenzeno (Simulação para 10 anos)

Figura 20

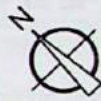
Projeto: TF-2009/18

Responsável: Lucas Takeshi Kimura Claudio



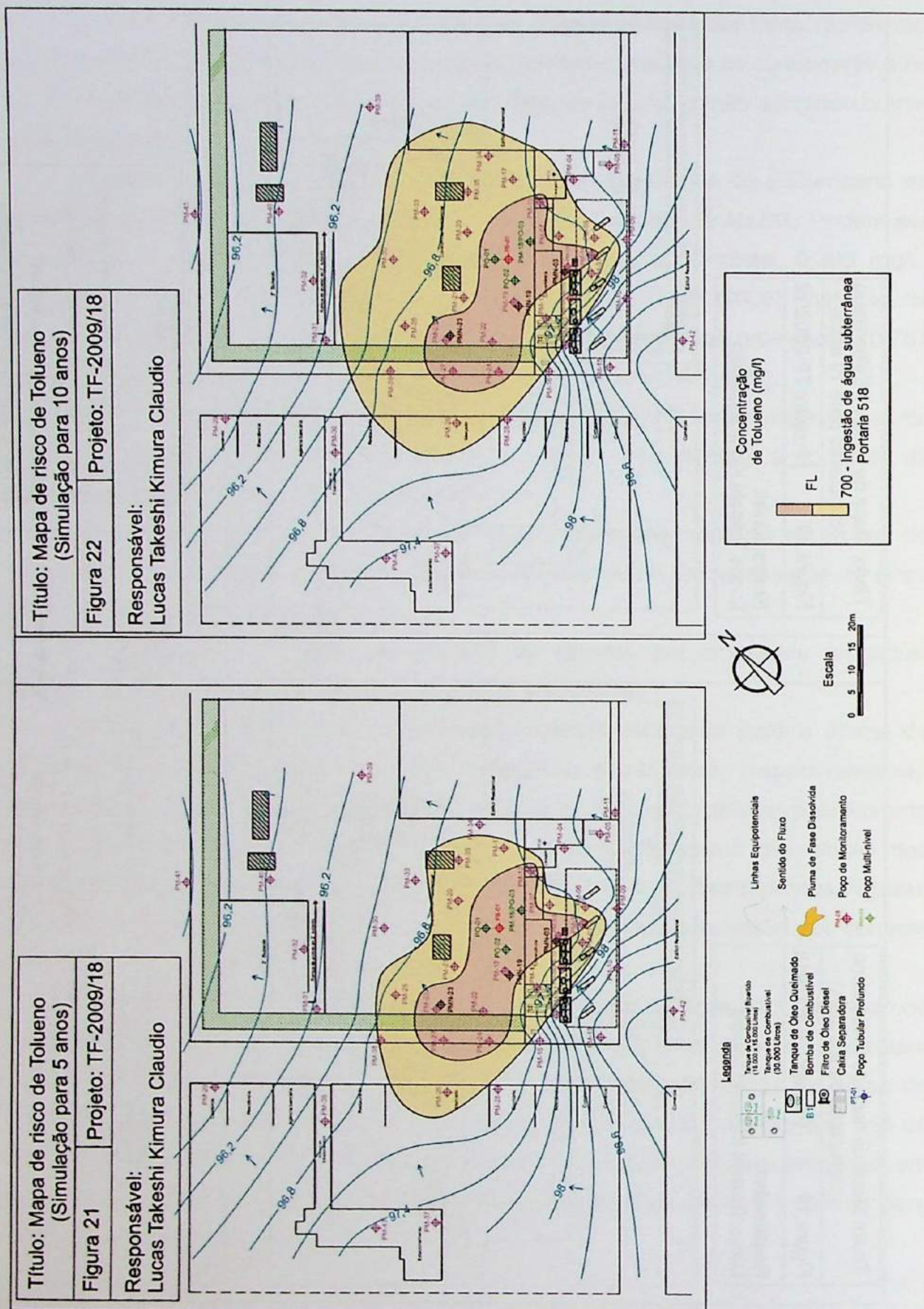
Concentração de Etilbenzeno (mg/l)

- FL
- 757 - Inalação de vapores em ambientes fechados (residencial)
- 616 - Contato dérmico com água subterrânea (comercial)
- 300 - Ingestão de água subterrânea
- 158 - Contato dérmico com água subterrânea (residencial)



Escala

0 5 10 15 20m



As concentrações de NABR para inalação apenas alcançam áreas fechadas na loja de conveniência do posto de combustível; assim essa via se completa.

Para o cenário de contato dérmico com a água subterrânea residencial as vias de exposição somente se completam na área do condomínio, não atingindo outros estabelecimentos, em caso de obras.

Já a área de restrição de ingestão de água subterrânea extrapola os limites do condomínio e do posto de combustível, atingindo um mercado do outro lado da rua a sudoeste do condomínio.

Uma vez que há uma grande quantidade de produto em fase livre na área do condomínio residencial e do posto de combustível, todos os cenários listados na Tabela 7.8.1 serão considerados de risco à saúde humana na simulação de Nível 1, para os moradores e trabalhadores, tanto do condomínio quanto do posto de combustível.

7.9 Medidas de Intervenção

De acordo com a distribuição da contaminação e com os cenários atualmente aplicáveis, considera-se que medidas de controle institucional serão necessárias para que os riscos não se completem, em conjunto com ações efetivas de remediação.

Nas áreas delimitadas com concentrações acima do valor de NABR comercial e residencial para contato dérmico com a água, deverão ser adotadas medidas de restrição à escavação: a princípio, podem ser adotadas simples medidas de controle, evitando-se a realização de obras ou, quando estritamente necessárias, executadas de forma preferencialmente mecanizada, e com uso de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) apropriados para evitar o contato com a água subterrânea contaminada pelos trabalhadores temporários; se possível, sempre de forma a não atingir o aquífero, e minimizando o contato direto com a água subterrânea.

Quanto ao consumo de água subterrânea, atualmente não existem pontos de captação de água, do aquífero em estudo, no local e nos arredores. As plumas de contaminação atuais acima dos valores de intervenção, e sua extensão futura modelada, se constituem nas áreas de restrição ao consumo de água.

As restrições deverão perdurar enquanto as concentrações dos compostos se mantiverem acima dos respectivos valores de NABRs para cada cenário.

Somente controles institucionais na área não são suficientes para eliminar todos os cenários aplicáveis, já que há risco à saúde humana para o cenário de inalação de vapores em ambientes fechados, comercial e residencial, e devido à pluma de fase livre presente na área do posto de combustível e do condomínio residencial.

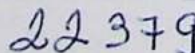
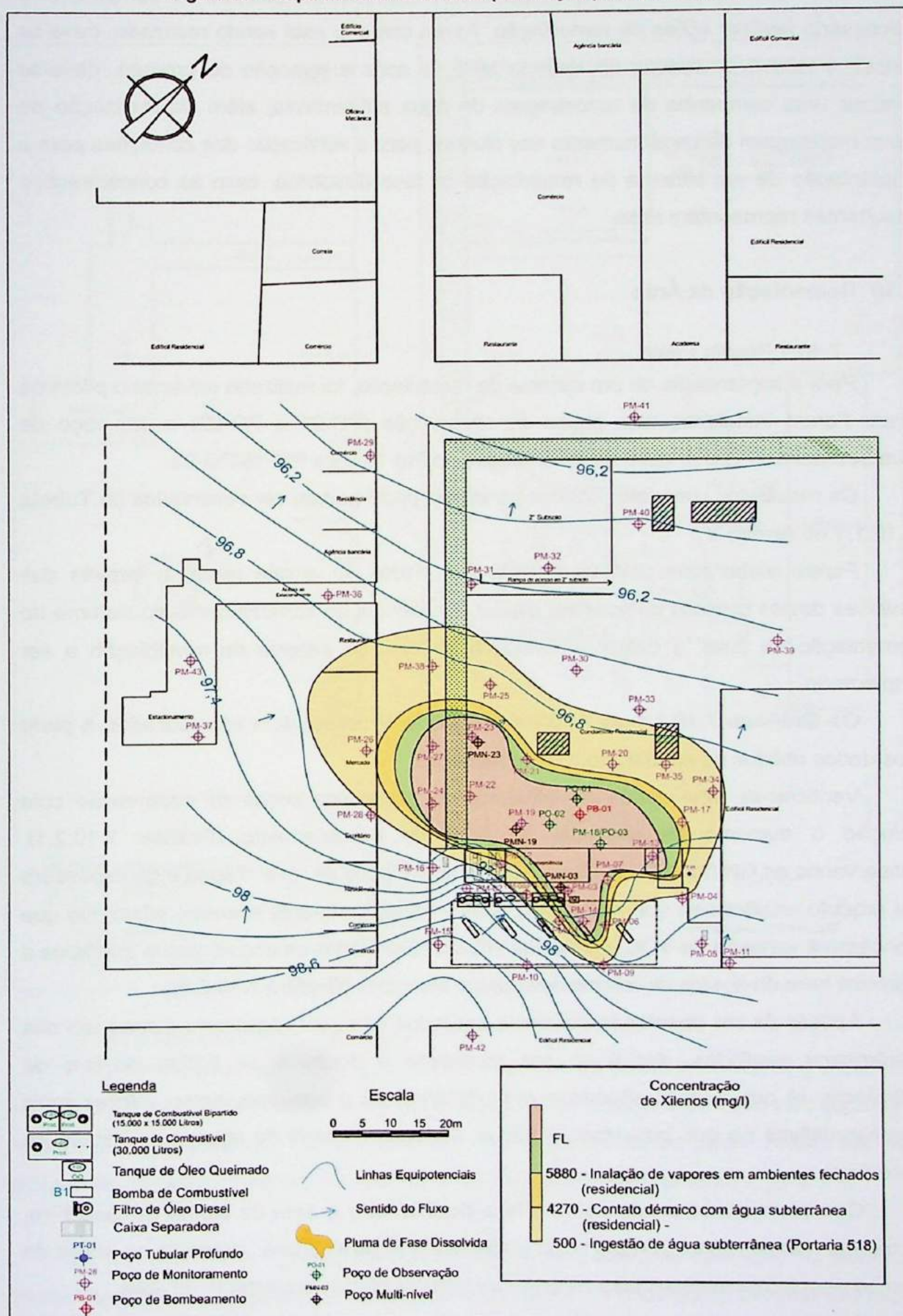


Figura 25 – Mapa de risco de Xilenos (Simulação para 5 e 10 anos)



Não há medidas de restrição que faz com que estas vias não se completem, é necessário realizar ações de remediação. Assim como já está sendo realizado, deve-se extrair a fase livre através do sistema MPE, e após a remoção do produto, deve-se realizar uma campanha de amostragem de água subterrânea, além da realização de nova modelagem de caminhamento das plumas, para a verificação das condições para a implantação de um sistema de remediação da fase dissolvida, caso as concentrações resultantes representem risco.

7.10 Remediação da Área

7.10.1 Ensaio Piloto

Para a implantação de um sistema de remediação, foi realizado um ensaio piloto na área. Foram instalados dois poços de observação (PO-01 e PO-02) e um poço de bombeamento (PB-01), além da renomeação do PM-18 para PM-18/PO-03.

Os resultados completos obtidos no ensaio piloto podem ser observados na **Tabela 7.10.1.1 no Anexo V**.

Foram elaborados gráficos a partir dos dados do ensaio piloto, e através das análises destes gráficos foi possível avaliar a influência do bombeamento do sistema de remediação na área, e definir a configuração ideal do sistema de remediação a ser implantado.

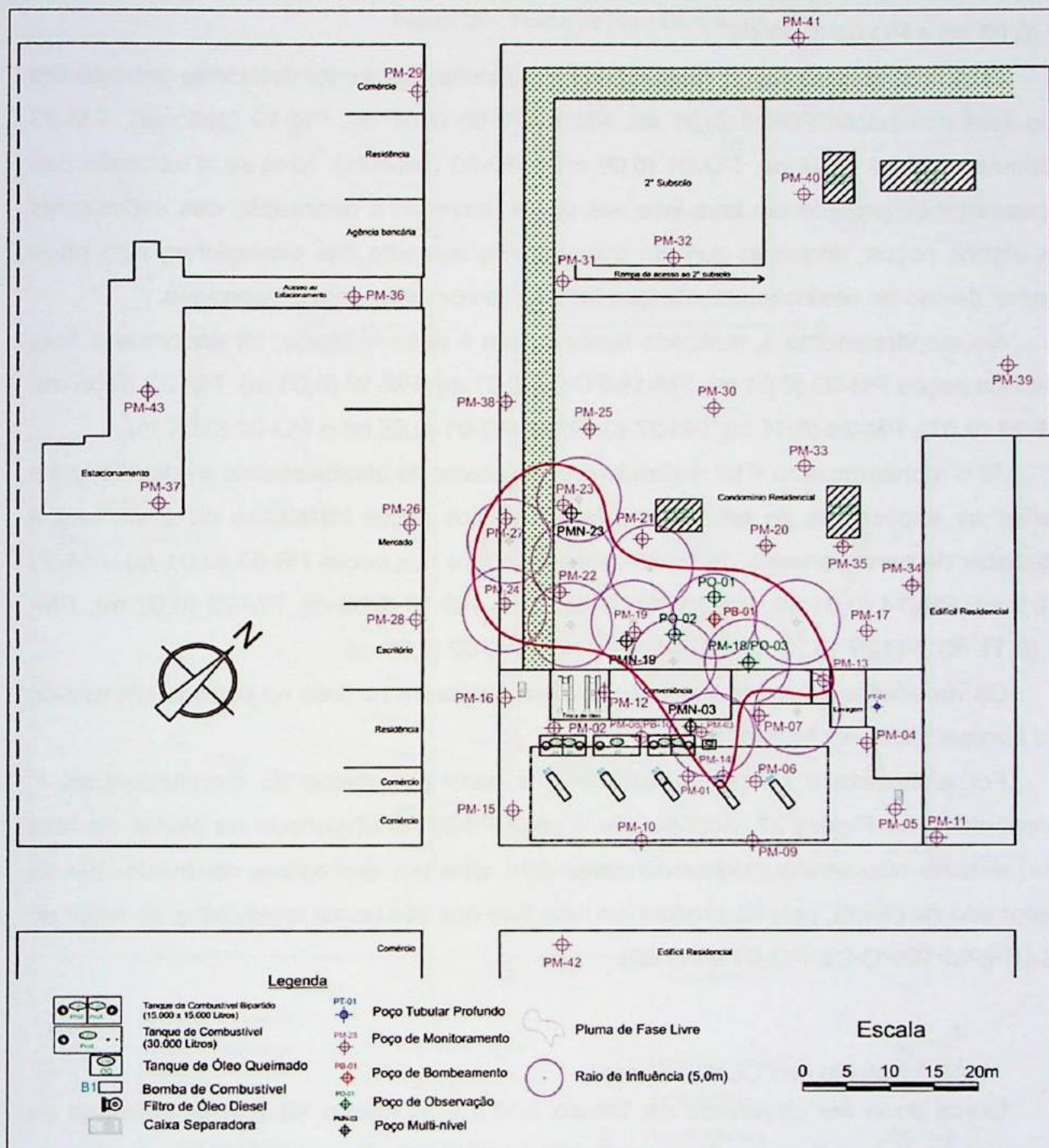
Os **Gráficos 7.10.2.1 ao 7.10.2.4 no Anexo V** apresentam os resultados a partir dos dados obtidos no ensaio piloto de remediação.

Verificou-se uma queda na influência de vácuo nos poços de observação com relação o aumento da distância ao poço de bombeamento (**Gráfico 7.10.2.1**). Observando os **Gráficos 7.10.2.2 e 7.10.2.3**, de variação de nível d'água e da espessura de produto, verificou-se que não houve grande variação durante o ensaio piloto. No que concerne à variação de VOC, verifica-se influência em todos os poços, sendo que após a primeira hora do ensaio os valores detectados são nulos (**Gráfico 7.10.2.4**).

Apesar de ser observada influência em todos os poços, para pelo menos um dos parâmetros avaliados, decidiu-se por considerar a distância de 5,00m de raio de influência, já que o poço situado a esta distância foi o que apresentou valores mais representativos no que concerne ao vácuo, variação de nível de água e espessura de fase livre.

Considerando-se o raio de influência de 5,00 m e a área da pluma de fase livre, conforme monitoramento de junho, foi elaborada a **Figura 26** que apresenta os poços de bombeamento necessários para remover a pluma de fase livre existente na área.

Figura 26 – Pluma de Fase Livre e raio de influência



7.10.2 Monitoramento dos Poços

Foram realizados no total quatro monitoramentos dos poços instalados na área em estudo, nos quais foram medidos em cada poço o nível d'água e de fase livre (quando presente), através de um medidor interface. Os monitoramentos foram realizados no período de agosto e setembro e foram identificados como monitoramento 1, 2, 3 e 4.

No monitoramento 1, realizado poucos dias após o início da operação do sistema de remediação, com o sistema de bombeamento ligado, foi encontrado produto em fase livre, com as respectivas espessuras, nos poços PM-14 (0,01 m), PM-18/PO-03 (0,02 m),

PM-19 (0,02 m), PM-22 (0,16 m), PM-23 (0,05 m), PM-24 (0,02 m), PM-27 (0,09 m), PO-01 (0,03 m) e PO-02 (0,33 m).

Já no monitoramento 2, realizado com o sistema ligado, foi detectado produto em fase livre nos poços PM-14 (0,01 m), PM-18/PO-03 (0,07 m), PM-19 (película), PM-23 (película), PM-24 (0,04 m), PO-01 (0,08 m) e PO-02 (película). Nota-se a variação das espessuras de produto em fase livre nos poços, havendo a diminuição das espessuras em alguns poços, enquanto que em outros houve aumento das espessuras; isso pode ocorrer devido ao deslocamento da fase livre que o bombeamento proporciona.

No monitoramento 3, realizado também com o sistema ligado, foi encontrada fase livre nos poços PM-03 (0,01 m), PM-18/PO-03 (0,07 m), PM-19 (0,03 m), PM-22 (0,05 m), PM-23 (0,07), PM-24 (0,11 m), PM-27 (0,12 m), PO-01 (0,05 m) e PO-02 (0,01 m).

Já o monitoramento 4 foi realizado com o sistema de bombeamento desligado, para avaliar as espessuras de produto em fase livre nos poços instalados na área sem a influência do bombeamento. Foi encontrada fase livre nos poços PB-03 (0,01 m), PM-03 (0,01 m), PM-14 (0,01 m), PM-18/PO-03 (0,13 m), PM-19 (0,09 m), PM-22 (0,02 m), PM-23 (0,11 m), PM-27 (0,21 m), PO-01 (0,08 m) e PO-02 (0,02 m).

Os resultados dos quatro monitoramentos realizados na área no período em estudo são apresentados no **Anexo VI**.

Foi elaborada a pluma de fase livre, a partir dos dados do monitoramento 4, apresentado na **Figura 27**; nota-se que o poço PB-01 foi englobado na pluma de fase livre, mesmo não sendo monitorado nesta data, uma vez que estava obstruído. Ele foi englobado na pluma, pois há produto em fase livre nos três poços localizados ao redor do PB-01 (PM-18/PO-03, PO-01 e PO-02).

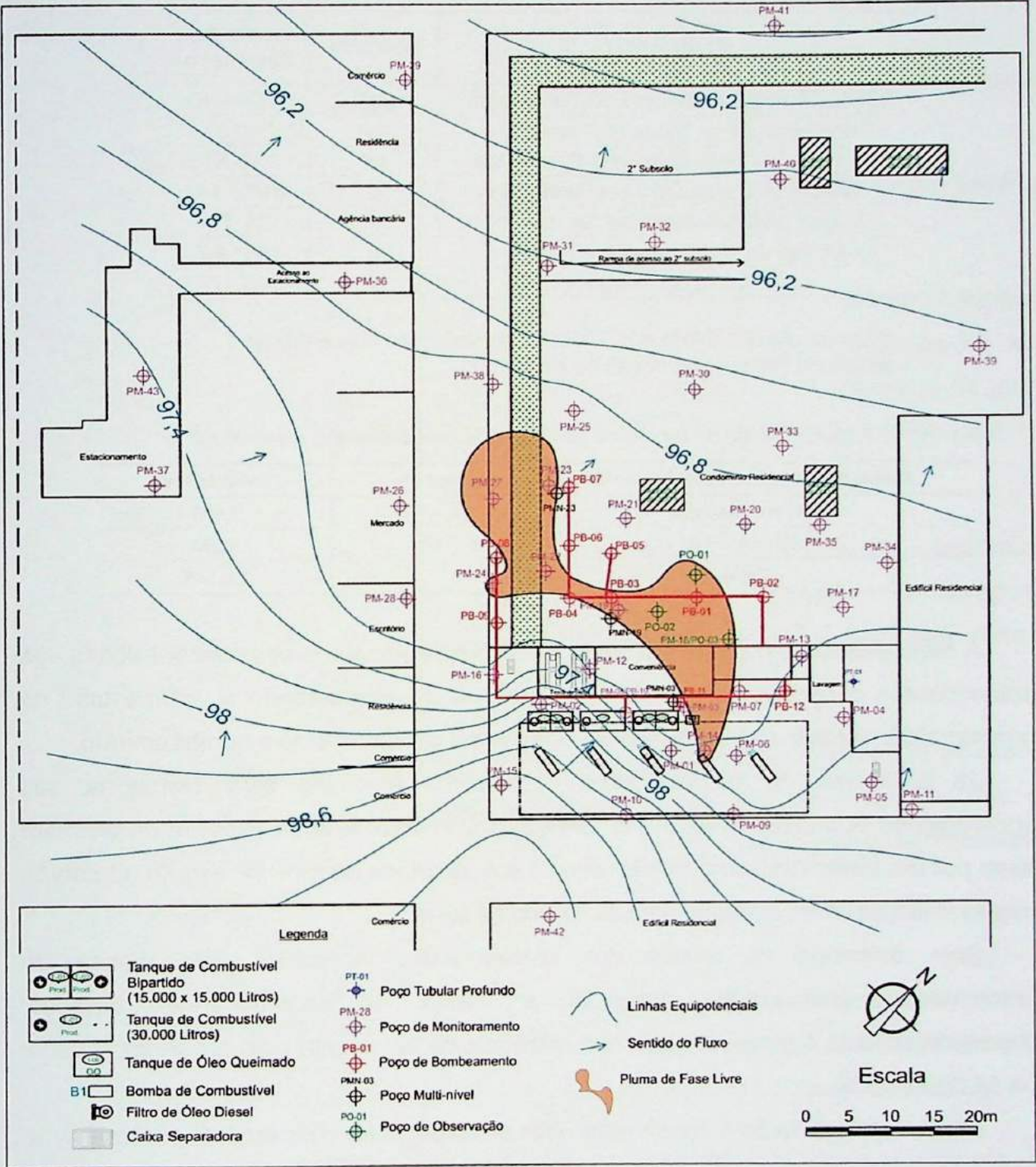
7.10.3 Cálculo dos Contaminantes

Como pode ser observado na **Tabela 7.10.3.1** no **Anexo VII** a área estimada da pluma inicial de fase livre era de cerca de 758,34 m², antes da implantação do sistema de remediação, e um volume de produto no solo entre 3694,4 e 13098,4 litros. Após dois meses de operação do sistema de bombeamento, a área estimada da pluma de fase livre é de 335,20 m² e o volume de produto no solo está entre 544,0 a 1930,0 litros.

A área e o volume de solo contaminado foram obtidos através do programa Surfer 8, que utiliza as coordenadas da pluma de fase livre e as espessuras aparentes e reais de produto em fase livre medidas nos poços instalados na área para a realização dos cálculos.

Ressalta-se que esses dados se referem apenas ao contaminante em fase livre, não considerando a fase dissolvida na água subterrânea.

Figura 27 – Pluma de Fase Livre atual



7.10.4 Eficiência do Tratamento

A partir dos resultados das análises químicas realizadas nas amostras de água coletadas da entrada e da saída do sistema de remediação, apresentado na **Tabela 7.10.4.1** no **Anexo VII**, foram calculados a massa de contaminante removida em fase dissolvida e a eficiência do tratamento da fase dissolvida, os resultados dos cálculos é apresentado na **Tabela 7.10.4.2**. A **Tabela 7.10.4.3** apresenta a massa total de contaminante removido do aquífero pelo sistema de remediação.

7.10.4.2 Tabela para o cálculo da eficiência do tratamento do contaminante em fase dissolvida

Parâmetros	Unidade	Acompa. Setembro
Concentração na Entrada do Tratamento *	µg/L	16994,40
Concentração na Saída do Tratamento *	µg/L	209,37
Volume de Fase dissolvida Bombeada	m³	116,87
Massa de Contaminantes Removidos	g	1986,14
Massa de Contaminantes Descartados	g	24,47
Massa de Contaminantes Tratados	g	1961,67
Eficiência do Tratamento	%	98,77

* Somatoria dos PAHs e BTEX que apresentaram concentração acima do limite de detecção do laboratório.

7.10.4.3 Tabela de somatório da massa de contaminantes removidos

Massa de Contaminantes Removida	Unidade	Resultados
Em Fase Dissolvida	Kg	1,986
Em Fase Livre		9,360
Total		11,346

A massa de contaminante removido é obtida pela somatória das concentrações dos contaminantes encontrados na entrada do tratamento, considerando o volume total de água extraído (volume de fase dissolvida bombeada) do aquífero pelo bombeamento.

Já a massa de contaminantes descartados é obtida pela somatória das concentrações dos contaminantes na saída do tratamento. A água extraída do aquífero passa por um tratamento com carvão ativado e é eliminada na rede de esgoto. O carvão ativado retém parte do contaminante dissolvido na água.

Pela diferença da massa dos contaminantes removidos pela massa de contaminantes descartados obtém-se a massa de contaminantes tratados; consequentemente é possível calcular a eficiência do tratamento com o carvão ativado, que foi de 98,77%.

Até o monitoramento 4, foram removidos cerca de 12 litros de produto em fase livre, considerando a densidade da gasolina 780 kg/m³, foram removido cerca de 9,360 kg em fase livre, somando com os 1,986 kg de contaminante em fase dissolvida removida, obtem-se um total de 11,346 kg de contaminante removido.

8 Conclusões

Com base nos resultados da Investigação Ambiental Detalhada e da remediação, executadas na área, pode-se concluir que:

- Não foram detectadas concentrações acima do valor orientador, para as amostras de solo.
- A partir dos resultados das análises químicas foram delimitadas plumas de Benzeno, Etilbenzeno, Tolueno, Xilenos e Naftaleno, além da pluma de fase livre apresentando foco associado à área de tancagem na porção leste do posto de combustível, que se localiza a montante do condomínio residencial em estudo.
- As atuais plumas de contaminação extrapolam os limites do condomínio residencial e do posto de combustível, sendo a maior pluma a do composto Benzeno, que atinge diversos estabelecimentos do outro lado das ruas a noroeste e a sudoeste do condomínio.
- A pluma de fase livre identificada, indicada como foco principal da pluma de fase dissolvida, e com foco associado à área de tancagem e à bomba de abastecimento B4, se encontra totalmente delimitada horizontal e verticalmente de forma satisfatória.
- Foram desenvolvidos os modelos de fluxo e transporte para os contaminantes, permitindo estimar o desenvolvimento das plumas para cinco e dez anos futuros. As simulações indicam que as plumas se estendem para outros estabelecimentos, alcançando novos receptores em cenários válidos.
- As máximas concentrações obtidas mostraram-se acima dos valores de NABR da CETESB para Benzeno quanto à inalação em ambiente fechado em ambiente residencial e comercial, e contato dérmico com a água subterrânea em ambiente residencial e comercial; Etilbenzeno, quanto à inalação em ambiente fechado em ambiente residencial, e contato dérmico com a água subterrânea em ambiente residencial e comercial; Xilenos, quanto à inalação em ambiente fechado em ambiente residencial e contato dérmico com a água subterrânea em ambiente residencial; e Tolueno e Naftaleno não apresentaram concentrações acima dos valores NABR para tais cenários.

- Os potenciais cenários válidos de risco foram avaliados e, excetuando-se a área onde se verifica fase livre, em que todos os cenários são válidos, os cenários se completam em estabelecimentos vizinhos ao posto de combustível para inalação em ambientes fechados; quanto à restrição ao consumo de água subterrânea, não há consumo de água subterrânea no local impactado pela contaminação; no caso de contato dérmico, a área de intervenção a obras extrapola os limites do posto de combustível e do condomínio residencial, e deverá se constituir em uma área de restrição, por controle institucional, a obras de escavação que exponham o aquífero na área e arredores.
- Desta forma, quanto aos potenciais riscos devido à presença de compostos acima dos valores de NABR e presença de fase livre de combustível delimitada na área do empreendimento, recomenda-se, como medida de intervenção, a continuação da recuperação da fase livre pelo sistema MPE de remediação, bem como a adoção de medidas institucionais de controle e restrição à construção e a obras, nas áreas delimitadas pelas plumas de contaminação das extrapolações de cinco e dez anos futuros, de acordo com o plano de intervenção apresentado.
- Durante o monitoramento realizado em junho, antes da instalação do sistema de remediação, foi detectado produto em fase livre nos poço PM-03, PM-13, PM-14, PM-18/PO-03 PM-19, PM-22, PM-23, PM-27, PO-01 e PO-02, com espessuras variando de 1,0 cm (PM-14) a 28,0 cm (PO-02). A área estimada da pluma inicial de fase livre era de cerca de 758,34 m², e um volume de produto no solo entre 3694,4 e 13098,4 litros.
- Após dois meses de operação do sistema de remediação, a área estimada da pluma de fase livre foi estimada em 335,20 m² e o volume de produto no solo em 544,0 a 1930,0 litros.
- Para a instalação do sistema de remediação na área foi realizado um ensaio piloto, com esse ensaio estimou-se um raio de influência dos poços de bombeamento de 5,0 metros.
- A partir dos resultados das análises químicas realizadas nas amostras de água coletadas da entrada e da saída do sistema de remediação, foram calculados a massa de contaminante removidos e tratados em fase dissolvida; e a partir desses resultados foi possível determinar a eficiência do tratamento de remediação para a fase dissolvida que foi de 98,77%.

- Foi removido cerca de 11,346 kg de contaminante tanto na forma de fase livre quanto em fase dissolvida.
- Recomenda-se continuar o sistema de remediação na área até a remoção de toda a fase livre presente.
- Após a completa remoção da fase livre, recomenda-se realizar uma campanha de amostragem de água subterrânea em todos os poços existentes na área, além de realização de nova modelagem de caminamento das plumas, para verificar-se as condições para a implantação de um sistema de remediação da fase dissolvida.

Referências Bibliografia

- Agudo E. G *et al.* 1988. Guia de Coleta e preservação de amostras de água. São Paulo, CETESB, 150 p.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo. Disponível em: http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2009.asp. Acessado em: 25 de outubro de 2009.
- BRASIL. DECRETO-Lei nº 8468 de 8 de setembro de 1976. Aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976 que dispõe sobre a Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, artigo 19A.
- BTX Geologia e Meio Ambiente Ltda. 2004. Relatório Técnico de Investigação de Passivos Ambientais
- CETESB. 2004. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas: Investigação Detalhada. São Paulo, CETESB - GTZ – 2ª Ed.
- CETESB. 2005. Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Anexo Único - Decisão da Diretoria no. 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. São Paulo, 4p, CETESB/SMA.
- CETESB. 2006. Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos Derivados de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos. *In*: Decisão da Diretoria no. 10-2006-C - Diário Oficial do Poder Executivo do Estado de São Paulo, Seção 1, de 26 de janeiro de 2006. ANEXO VI. CETESB/SMA, São Paulo, Brasil, p.40-139.
- CETESB. 2007. Procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo, Brasil.
- CETESB. 2008. Relação de Áreas Contaminadas do Estado de São Paulo – Diretoria de Controle de Poluição Ambiental, Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental. São Paulo, Brasil.
- CETESB. 2008. O Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo. São Paulo, Brasil.
- Freeze R. A. & Cherry J. A. 1979. Groundwater. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 604 p.

Karmann I. 2000. Ciclo da Água, Água subterrânea e sua ação geológica. In: Teixeira W.; Toledo M. C. M.; Fairchild T. R.; Taioli F. *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de Textos, p. 113-138.

Netherlands Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment. 2000. The Circular on target values and intervention values for soil remediation Annexes A-D.

Prefeitura da Cidade de São Paulo. 1999. Atlas Ambiental do Município de São Paulo – Mapa Geológico. São Paulo, mapa geológico, escala 1:100.000.

U.S. EPA. 2004. Region 9 Table Preliminary Remedial Goals (PRG's) User Guide's/Technical Background Document – U.S. Environmental Protection Agency.

ANEXOS

Anexo I – Perfis Geológicos e Construtivos dos Poços Instalados

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração 4 polegadas Ø Injeção 2 polegadas		Data da Sondagem: Jun/2004	Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (E)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	
			1		PISO DE CONCRETO	
			2		ATERRO - Argila siltosa cor marrom amarelada	
			3		ATERRO - Argila siltosa cor vermelha	
			4		SOLO SUPERFICIAL - Argila siltosa pouco arenosa de cor amarela escura.	
			5		SOLO SUPERFICIAL - Argila siltosa de cor cinza	
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa arenosa de cor amarela variando para cinza.	
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina argilosa de cor vermelha.	
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa de cor cinza.	
			8			
N.A. = 7,25m (Jun/09)						

Observações:
Profundidade final: 8,12m
Nível d'água = 6,47m
Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 6,12m; Tubo PVC Geom. Filtro 6,12 - 8,12m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,40m; Solo-Cimento 0,40 - 5,60m; Selo de Bentonita 5,60 - 5,90m; Pré-filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 5,9 - 6,12.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18	Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem:	Jun/2004	Criado por: Lucas T. K. Claudio
	Ø Inalação: 2 polegadas		Poço número:	PM-02	
Amstras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (€)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
					PISO DE CONCRETO
			1		ATERRO - Argila siltsosa, marrom avermelhada.
			2		
			3		
			4		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltsosa pouco arenosa (areia fina), vanegada (cinza, rosa e amarela).
			6		
			7		
			8		
			9		
NA = 6,17m (Jun/09) Observações: Profundidade final: 7,40m Nível d'água = 5,32m Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 5,15m; Tubo PVC Geom.Filtro 5,40 - 7,40m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,40m; Solo-Cimento 0,40 - 4,85m; Selo de Bentonita 4,85 - 5,15m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 5,40 - 7,40m					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem:		Criado por:	
Ø Perfurado: 4 polegadas		Jun/2004		Lucas T. K. Claudio	
Ø Instalado: 2 polegadas		Poço número: PM-03			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom avermelhada.
			3		
			4		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, variegada (cinza, marrom e vermelha).
			6		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina argilo-siltosa, com seixos de quartzo, rosa e amarela.
			8		
			9		
Observações Profundidade final: 8,2m Nível d'água = 6,57m Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 5,20m; Tubo PVC Geom.Filtro 6,20 - 8,20m; Concreto 0,00 - 0,10m; Proteção Sanitária 0,10 - 0,50m; Solo-Cimento 0,50 - 4,90m; Selo de Bentonita 4,90 - 5,20m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 5,20 - 8,20m					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem		Criado por:	
Ø Perfuração 4 polegadas		Jun/2004		Lucas T. K. Claudio	
Ø Teste 2 polegadas		Poço número: PM-04			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
					PISO DE CONCRETO
			1		ATERRO - Argila siltsosa pouco arenosa, marrom amarelada.
			2		ATERRO - Argila siltsosa, vermelha.
			3		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa (areia fina), amarela e cinza.
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa pouco siltsosa, com seixos arredondados de quartzo (até 8 cm), amarela.
			6		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltsosa com seixos de quartzo, amarela.
			8		
			9		

N.A. = 5,93m (Jun/09)

Observações:
 Profundidade final: 7,2m
 Nível d'água = 5,54m
 Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 5,30m; Tubo PVC Geom. Filtro 5,30 - 7,30m; Concreto 0,00 - 0,10m; Proteção Sanitária 0,10 - 0,60m; Solo-Cimento 0,60 - 4,40m; Selo de Bentonita 4,40 - 4,90m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 4,90 - 7,30m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração 4 polegadas		Data da Sondagem		Criado por:	
		Ø Injeção 2 polegadas		Popo número: PM-05		Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
					PISO DE CONCRETO		
			1		ATERRO - Argila siltoosa, vermelha		
			2				
			3				
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa, cinza amarelada.		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa pouco argilosa, com seixos arredondados de quartzo, amarela e cinza.		
	NA = 5,82m (Jun09)		6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoosa, cinza amarelada.		
			7				
			8				
			9				

Observações:
 Profundidade final: 7,35m
 Nível d'água = 5,45m
 Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 5,35m; Tubo PVC Geom. Filtro 5,35 - 7,35m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,60m; Solo-Cimento 0,60 - 4,50m; Selo de Bentonita 4,50 - 4,90m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 4,90 - 7,35m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Perif. 4 polegadas		Data da Sondagem		Criado por:	
		Ø Instalação 2 polegadas		Popo número: PM-06		Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
					CONCRETO		
			1		ATERRO - Argila arenosa vermelha.		
			2				
			3				
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, cinza.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina argilosa, vermelha.		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa, com seixos, cinza e amarela.		
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina a média, com seixos, amarela.		
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila, roxa.		
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila, amarela.		

N.A. = 5,82m (Jun/09)

Observações:
 Profundidade final da Sondagem: 8,60m;
 Nível d'água encontrado na perfuração: 6,50m (13/05/08).
 Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,50m; Tubo PVC Geom.Filtro: 4,50 - 10,20m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,10m; Solo: 1,10 - 3,60m; Selo Bentonita: 3,60 - 4,20; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,20 - 8,60m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Furação: 4 polegadas Ø Injeção: 2 polegadas		Data da Sondagem: Jun/2004 Poço número: PM-07		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila silto-arenosa, com entulho, marrom.		
			3		ATERRO - Argila silto-arenosa, vermelha		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa, amarela e cinza.		
			5				
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, pouco argilosa, com seixos de quartzo, variegado (cinza, amarelo e branco).		
			7				
			8				
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa, amarela e cinza.		

Observações:
Profundidade final: 8,75m
Nível d'água = 6,75m
Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 6,75m; Tubo PVC Geom. Filtro 6,75 - 8,75m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,60m; Solo-Cimento 0,60 - 5,50m; Selo de Penetração 5,50 - 6,00m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 6,00 - 8,75m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração 4 polegadas		Data da Sondagem:		Criado por:	
		Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-08		Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha.		
			3				
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa pouco arenosa, amarela e cinza.		
			5				
			6				
			7				
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouco argilosa, com seixos de quartzo, amarela.		
			9				

Observações:
Profundidade final: 8,60m
Nível d'água = 7,15m
Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,0 - 6,60m; Tubo PVC Geom. Filtro 6,60 - 8,60m; Concreto 0,00 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,60m; Solo-Cimento 0,60 - 5,90m; Selo de Bentonita 5,90 - 6,30m; Pré-Filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 6,30 - 8,60m

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem:		Criado por:
		Nov/2008	Lucas T. K. Claudio	
		Poço número: PM-09		
Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
				PISO DE CONCRETO
		1		ATERRO - Argila silto-arenosa, vermelha.
		2		
		3		
		4		
		5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoza pouco arenosa, amarela e cinza. SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza e vermelho.
		6		
		7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila roxa.
		8		
		9		

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 7,70m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 6,00m (14/05/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 3,70m; Tubo PVC
Geom.Filtro: 3,70 - 7,70m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de
Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 1,90m; Selo Bentonita: 1,90 - 2,40; Pré-
Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 2,40 - 7,70m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem		Criado por:	
Ø Perfuração: 4 polegadas		Nov/2008		Lucas T. K. Claudio	
Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-10			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila arenosa, vermelha.
			3		
			4		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa arenosa (areia fina), cinza.
			6		
			7		
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina a média, com seixos de quartzo, amarela.
			9		

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 8,60m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 6,20m (15/05/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,60m; Tubo PVC Geom.Filtro: 4,60 - 8,60m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 3,60m; Selo Bentonita: 3,60 - 4,20; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,20 - 8,60m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem		Criado por:	
Ø Perfuração: 4 polegadas		Nov/2008		Lucas T. K. Claudio	
Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-11			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha.
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, marrom e amarela.
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza e vermelha.
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fin a média, com seixos, amarela.
			6		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza.
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila roxa.
			9		

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 7,20m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 5,00m (14/05/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 3,20m; Tubo PVC Geom.Filtro: 3,20 - 7,20m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 2,20m; Selo Bentonita: 2,20 - 2,80; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 2,80 - 7,20m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem		Criado por:	
Ø Perfuração: 4 polegadas		Nov/2008		Lucas T. K. Claudio	
Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-12			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha e marrom.
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila amarela.
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa, marrom escura.
			5		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina marrom.
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média com seixos, marrom.
			8		
			9		

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 7,90m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 7,30m (15/05/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 3,90m; Tubo PVC Geom.Filtro: 3,90 - 7,90m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 1,90m; Selo Bentonita: 1,90 - 2,50; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 2,50 - 7,90m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perforação 4 polegadas	Data da Sondagem: Nov/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
	Ø Injeção: 2 polegadas	Poço número: PM-13			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha e marrom.
			3		
			4		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza.
			6		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina a média, com seixos, amarela.
			8		
			9		
	N.A. = 7,28m (Jun/09)				
Observações: Profundidade final da Sondagem: 8,40m; Nível d'água encontrado na perfuração: 6,90m (13/05/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,40m; Tubo PVC Geom.Filtro: 4,40 - 8,40m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 3,40m; Selo Bentonita: 3,40 - 4,00m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,00 - 8,40m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perforação 4 polegadas	Data da Sondagem: Nov/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
	Ø Injeção: 2 polegadas	Poço número: PM-14			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila, marrom.
			3		
			4		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, marrom com porções amarelas.
			6		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa, cinza.
			8		
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza.
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina com seixos, amarela.
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila amarela.
	N.A. = 7,01m (Jun/09)				
Observações: Profundidade final da Sondagem: 8,80m; Nível d'água encontrado na perfuração: 6,60m (14/05/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,80m; Tubo PVC Geom.Filtro: 4,80 - 8,80m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 3,80m; Selo Bentonita: 3,80 - 4,40m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,40 - 8,80m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perforação 4 polegadas	Data da Sondagem: Nov/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
	Ø Injeção: 2 polegadas	Poço número: PM-15			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha e marrom.
			3		
			4		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, cinza.
			6		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina a média), amarela e cinza.
			8		
			9		
Observações: Profundidade final da Sondagem: 7,40m; Nível d'água encontrado na perfuração: 6,50m (15/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,40m; Tubo PVC Geom.Filtro: 4,40 - 7,40m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,10m; Solo: 1,10 - 3,30m; Selo Bentonita: 3,30 - 4,00m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,00 - 7,40m					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Data da Sondagem: Fev/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO ATERRO - Argila silteosa, marrom.
			2		
			3		
			4		
			5		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Silte argiloso, cinza.
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silteosa marrom.
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina), marrom e cinza.
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila média argilosa, bege.
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza e rosa.
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina a média argilosa, com seixos, bege.
Observações: Profundidade final da Sondagem: 8,00m; Nível d'água encontrado na perfuração: 7,15m (08/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 5,00m; Tubo PVC Geom.Filtro: 5,00 - 8,00m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,10m; Solo: 1,10 - 3,90m; Selo Bentonita: 3,90 - 4,60m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,60 - 8,00m.					

TF-2009/18		Data da Sondagem: Fev/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO ATERRO - Argila silteosa, marrom.
			2		
			3		
			4		
			5		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silteosa cinza.
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina a média), cinza.
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa argilosa, com seixos, bege.
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila bege.
Observações: Profundidade final da Sondagem: 5,10m; Nível d'água encontrado na perfuração: 4,20m (09/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,10m; Tubo PVC Geom.Filtro: 2,10 - 5,10m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 0,90m; Solo: 0,90 - 1,30m; Selo Bentonita: 1,30 - 1,80m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,80 - 5,10m.					

TF-2009/18		Data da Sondagem: Fev/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO ATERRO - Argila silteosa, marrom.
			2		
			3		
			4		
			5		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silteosa cinza e rosa.
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenoso (areia fina), com seixos, cinza.
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com seixos, cinza.
			9		
Observações: Profundidade final da Sondagem: 5,10m; Nível d'água encontrado na perfuração: 4,30m (09/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,10m; Tubo PVC Geom.Filtro: 2,10 - 5,10m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 0,90m; Solo: 0,90 - 1,30m; Selo Bentonita: 1,30 - 1,80m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,80 - 5,10m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem: Fev/2008 Poço número: PM-19		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amstras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, cinza		
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média argilosa, cinza e rosa.		
			6				
			7				
			8				
			9				

N.A. = 4,48m (Jun/09)

Observações:
 Profundidade final da Sondagem: 5,30m;
 Nível d'água encontrado na perfuração: 4,50m (10/09/08),
 Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,30m; Tubo PVC Geom Filtro: 2,30 - 5,30m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 0,90m; Solo: 0,90 - 1,40m; Selo Bentonita: 1,40 - 1,90m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,90 - 5,30m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

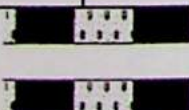
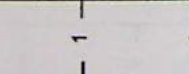
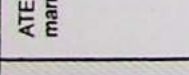
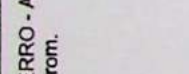
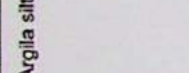
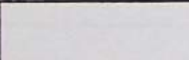
TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem:		Criado por:	
		Ø Insulação: 2 polegadas		Poço número: PM-20		Lucas T. K. Claudio	
Amstras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Silte argiloso, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silteosa, cinza.		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, argilosa, marrom e cinza.		
	N.A. = 4,34m (Jun/09)		5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, argilosa, com seixos, cinza.		
			6				
			7				
			8				
			9				

Observações:
 Profundidade final da Sondagem: 5,30m;
 Nível d'água encontrado na perfuração: 4,35m (10/09/08).
 Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,30m; Tubo PVC Geom.Filtro: 2,30 - 5,30m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 0,90m; Solo: 0,90 - 1,40m; Selo Bentonita: 1,40 - 1,90m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,90 - 5,30m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
		Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-21			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, cinza.		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, pouco argilosa, com seixos, cinza.		
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
N.A. = 4,33m (Jun/09)							
Observações: Profundidade final da Sondagem: 5,20m; Nível d'água encontrado na perfuração: 4,30m (11/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,20m; Tubo PVC Geom.Filtro: 2,20 - 5,20m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 0,90m; Solo: 0,90 - 1,40m; Selo Bentonita: 1,40 - 1,90m; Pre-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,90 - 5,20m.							

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração 4 polegadas Ø Instalado 2 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008 Poço número: PM-22		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
	N.A. = 4,44m (Jun/09)		1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média argilosa, com seixos, cinza.		
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
				9			

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração 4 polegadas Ø Instalação 2 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008 Poço número: PM-23		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, bege e cinza.		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouco argilosa, com seixos, cinza.		
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração 4 polegadas Ø mediadora 2 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008 Poço número: PM-24		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amstras	Nível diágua	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
					PISO DE CONCRETO		
			1		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			2				
			3				
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, bege e cinza.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina), cinza.		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouco argilosa, com seixos de quartzo, cinza.		
			8				
			9				

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008 Poço número: PM-25		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível diâgua	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, argilosa, marrom e bege.		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouco argilosa, com seixos cinza.		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila cinza e rosa.		
			6				
			7				
			8				
			9				

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 5,40m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 4,50m (16/09/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,40m; Tubo PVC
Geom.Filtro: 2,40 - 5,40m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de
Bentonita: 0,40 - 0,90m; Solo: 0,90 - 1,50m; Selo Bentonita: 1,50 - 2,10m; Pré-
Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 2,10 - 5,40m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008 Poço número: PM-26		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível diágua	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
					PISO DE CONCRETO		
			1		ATERRO - Argila silteosa, marrom.		
			2				
			3				
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silteosa, marrom e cinza.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média, argilosa, com seixos, marrom e cinza.		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, argilosa, com seixos, rosa e cinza.		
			8				
			9				

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 7,20m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 6,50m (18/09/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,20m; Tubo PVC Geom.Filtro: 4,20 - 7,20m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 3,20m; Selo Bentonita: 3,20 - 3,80m; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 3,80 - 7,20m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem: Mar/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
				Poço número: PM-27			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
					PISO DE CONCRETO		
			1		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			2				
			3				
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, marrom e cinza.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média, argilosa, com seixos cinza.		
			7				
			8				
			9				

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 7,50m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 6,50m (18/09/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 4,50m; Tubo PVC
Geom.Filtro: 4,50 - 7,50m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de
Bentonita: 0,40 - 1,00m; Selo: 1,00 - 3,50m; Selo Bentonita: 3,50 - 4,10m; Pré-
Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,10 - 7,50m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		$\varnothing$ Perfuração: 4 polegadas $\varnothing$ Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem	Criado por:	
				Abri/2008	Lucas T. K. Claudio	
				Poco número:	PM-29	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (E)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	
			1		PISO DE CONCRETO	
			2		ATERRO - Argila siltoosa, marrom e vermelha.	
			3			
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa (areia fina), cinza e marrom.	
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto cinza e bege.	
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com seixos, variegado (cinza, marrom e vermelho).	
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoosa roxa e cinza.	
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoosa amarela.	
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa bege e cinza.	
			9			

N.A. = 6,62m (Jun/09)

Observações:
 Profundidade final da Sondagem: 7,30m;
 Nível d'água encontrado na perfuração: 6,00m;
 Nolas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geom. Filtro: 5,30 - 7,30m; Revestimento 0,00 - 5,30m; Vão: 0,00 - 0,30; Selo de Bentonita: 0,30 - 0,60m; Solo-cimento: 0,60 - 4,30m; Selo Bentonita: 4,30 - 4,80; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,80 - 7,30m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		$\varnothing$ Perfuração: 4 polegadas $\varnothing$ Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem	Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras		Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (E)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
				1		PISO DE CONCRETO
				2		ATERRO - Argila siltoosa, marrom e vermelha.
				3		
				4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa (areia fina), cinza e marrom.
				5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto cinza e bege.
				6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com seixos, variegado (cinza, marrom e vermelho).
				7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoosa roxa e cinza.
						SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoosa amarela.
				8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa bege e cinza.
				9		

N.A = 6,62m (Jun/09)

Observações:
 Profundidade final da Sondagem: 7,30m;
 Nível d'água encontrado na perfuração: 6,00m;
 Nolas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geom. Filtro: 5,30 - 7,30m; Revestimento 0,00 - 5,30m; Vão: 0,00 - 0,30; Selo de Bentonita: 0,30 - 0,60m; Solo-cimento: 0,60 - 4,30m; Selo Bentonita: 4,30 - 4,80; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,80 - 7,30m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem: Jun/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-37			
Amstras			1		BRITA ATERRO - Argila silto-arenosa (areia fina), marrom e vermelha.
			2		
			3		
			4		
			5		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com seixos, variegado (cinza, marrom e bege).
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa, vermelha e cinza.
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltoosa, variegada (roxa, vermelha e cinza).
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com seixos, variegada (marrom, bege e cinza).
	N.A. = 8,9m (Jun/09)				
Observações: Profundidade final da Sondagem: 9,20m; Nível d'água encontrado na perfuração: 7,70m; Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geom.Filtro: 7,20 - 9,20m; Revestimento 0,00 - 7,20 m; Vão: 0,00 - 0,30; Selo de Bentonita: 0,30 - 1,10m; Solo-cimento: 1,10 - 6,00m; Selo Bentonita: 6,00 - 6,80; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 6,80 - 9,20m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem: Jun/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio
	Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PM-38		
Amstras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO ATERRO - Argila siltosa, marrom e vermelha.
			2		
			3		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Silte argiloso, variegado (marrom, vermelho e bege).
			5		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, argilosa, com seixos, variegado (bege, vermelha e cinza).
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com seixos, variegado (marrom, vermelha e cinza).
			8		
			9		
Observações: Profundidade final da Sondagem: 7,00m; Nível d'água encontrado na perfuração: 5,80m; Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geom.Filtro: 5,00 - 7,00m; Revestimento 0,00 - 5,00 m; Vão: 0,00 - 0,30; Selo de Bentonita: 0,30 - 0,90m; Solo-cimento: 0,90 - 4,00m; Selo Bentonita: 4,00 - 4,60; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 4,60 - 7,00m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM						
TF-2009/18	Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas	Data da Sondagem:		Criado por: Lucas T. K. Claudio	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
		Ago/2009	PM-39			
Amstras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)			
			1		CONCRETO	
			2		ATERRO - Argila siltoosa, marrom e vermelho	
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina), variegada (marrom, cinza e bege).	
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, amarela a ocre, com seixos de até 3,0 cm.	
NA. 4,36m (Ago/09)			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia média), cinza, roxa e ocre.	
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, amarela a ocre, com seixos de até 3,0 cm.	
			7			
			8			
			8			
Observações: Profundidade final: 7,00m Nível d'água = 5,00m Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 5,00m; Tubo PVC Geom Filtro 5,00 - 7,00m; Vão: 0,00 - 0,20m; Concreto 0,20 - 0,40m; Proteção Sanitária 0,40 - 1,00m; Solo-Cimento 1,00 - 3,90m; Selo de Bentonita 3,90 - 4,20m; Pré-filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 4,20 - 7,00.						

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perfuração: 6 polegadas	Data da Sondagem: Jun/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
	Ø Instalação: 4 polegadas	Poço número: PO-01			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, marrom e cinza.
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina, pouca argilosa, com seixos, bege.
			5		
			6		
			7		
			8		
			9		
Observações: Profundidade final da Sondagem: 6,00m; Nível d'água encontrado na perfuração: 4,50m (19/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,20m; Tubo PVC Geom.Filtro: 2,20 - 6,00m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 1,40m; Selo Bentonita: 1,40 - 1,90; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,90 - 5,20m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perfuração: 8 polegadas	Data da Sondagem: Jun/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
	Ø Instalação: 4 polegadas	Poço número: PO-02			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		PISO DE CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, cinza.
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouca argilosa, com seixos de quartzo, cinza.
			5		
			6		
			7		
			8		
			9		
Observações: Profundidade final da Sondagem: 6,00m; Nível d'água encontrado na perfuração: 4,50m (19/09/08). Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 2,20m; Tubo PVC Geom.Filtro: 2,20 - 6,00m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto:0,30 - 0,40m; Selo de Bentonita: 0,40 - 1,00m; Solo: 1,00 - 1,40m; Selo Bentonita: 1,40 - 1,90; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 1,90 - 5,20m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM					
TF-2009/18	Ø Perfuração: 4 polegadas	Data da Sondagem: Set/2009		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
	Ø Instalação: 2 polegadas	Poço número: PM-43			
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS
			1		CONCRETO
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom e vermelho
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Silte argiloso, vermelho.
			4		
			5		
			6		
			7		
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia média), cinza, roxa e ocre.
			9		
Observações: Profundidade final: 9,20m Nível d'água = 7,20m Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geomecânico Revestimento 0,00 - 7,20m; Tubo PVC Geom.Filtro 7,20 - 9,20m; Vão: 0,00 - 0,10m; Concreto 0,10 - 0,20m; Proteção Sanitária 0,20 - 0,70m; Solo-Cimento 0,70 - 6,00m; Selo de Bentonita 6,00 - 6,70m; Pré-filtro Areia Grossa (1 a 3mm) 6,70 - 9,20m.					

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Profundidade 4 polegadas Ø Profundidade 2 polegadas Ø		Data da Sondagem: Jun/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3				
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, bege e cinza.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina), bege e cinza.		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina, pouco argilosa, com seixos, cinza.		
			8				
			9		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia fina, argilosa, cinza e rosa.		
			10				

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 10,20m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 7,00m (16/09/08).
Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,00 - 9,20m; Tubo PVC
Geom.Filtro: 9,20 - 10,20m; Vão: 0,00 - 0,30; Concreto: 0,30 - 0,40m; Selo de
Bentonita: 0,40 - 1,20m; Selo: 1,20 - 7,80m; Selo Bentonita: 7,80 - 8,80; Pré-
Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 8,80 - 10,20m

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Lavagem: 2 polegadas		Data da Sondagem: Jun/2008	Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	
			1		PISO DE CONCRETO	
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha.	
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média, com seixos, cinza.	
			4			
			5			
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, com seixos, cinza e bege.	
			7			
			8		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média, argilosa, com seixos, cinza e bege.	
			9			
			10			

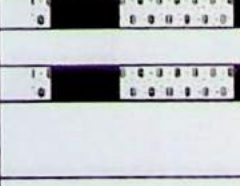
Observações:
Profundidade final da Sondagem: 8,30m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 3,90m.
Notas do Perfil Constitutivo: Tubo PVC Geom. Filtro: 7,30 - 8,30m; Revestimento 0,00 - 7,30 m; Vão: 0,00 - 0,30; Selo de Bentonita: 0,30 - 0,80m; Solo-cimento: 0,80 - 2,00m; Selo Bentonita: 2,00 - 6,80; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 6,80 - 8,30m.

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Fundação: 4 polegadas		Data da Sondagem: Jun/2008		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
		Ø Instalação: 2 polegadas		Pogo número: PMN-23			
Amostras	Nível diâgua	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, vermelha.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila silto-arenosa (areia fina a média), cinza e vermelha.		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia média a grossa), com seixos, variegado (vermelho, marrom e cinza).		
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média, com seixos, bege.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, cinza.		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, argilosa, cinza.		
			8				
			9				
			10				

Observações:
Profundidade final da Sondagem: 8,50m;
Nível d'água encontrado na perfuração: 3,90m.
Notas do Perfil Construtivo: Tubo PVC Geom. Filtro: 7,50 - 8,50m; Revestimento: 0,00 - 7,50 m, Vão: 0,00 - 0,30; Selo de Bentonita: 0,30 - 0,60m; Solo-cimento: 0,80 - 2,00m; Selo Bentonita: 2,00 - 7,00; Pré-Filtro de Areia Grossa (1 a 3mm): 7,00 - 8,50m.

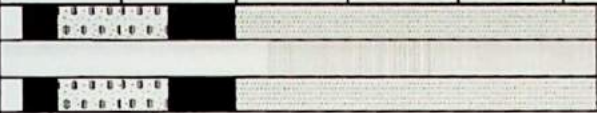
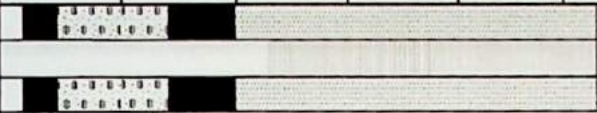
PEREIL CONSTRUCTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem:	Criado por: Lucas T. K. Claudio	
				Poco número:	PB-01	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	
			1		PISO DE CONCRETO	
			2		ATERRO - Silte argiloso, marrom.	
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, cinza escura.	
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, com cascalho, cinza escura.	
			5			
			6			
			7			
			8			
			8			

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Perímetro: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem: Jul/2009		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Nível d'água		Perfil Construtivo		Profundidade (m)		Litologia	
Amostras						Descrição dos Materiais	
				1		ATERRO - Argila arenosa, com entulho, marrom.	
				2		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia argilosa, marrom a cinza.	
				3			
				4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com cascalhos, marrom.	
				5			
				6			
				7			
				8			
				8			

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Peruração: 4 polegadas Ø Instalação: 2 polegadas		Data da Sondagem: Poço número: PB-03		Criado por: Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1 2 3 4 5 6 7 8 8			PISO DE CONCRETO	
					ATERRO - Argila arenosa, com entulho, marrom e vermelha.		
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa cinza.		
					SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia média a grossa, com cascalhos, marrom e cinza.		

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem:		Criado por:	
		Ø Insuflado: 2 polegadas		Poço número: PB-07		Lucas T. K. Claudio	
Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
			1		PISO DE CONCRETO		
			2		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			3		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, bege e cinza.		
			4		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouco argilosa, com seixos cinza.		
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				

Observações:

Profundidade final da Sondagem: 6,00m;

Nível d'água encontrado na perfuração: 3,90m

Notas do Perfil Construtivo: Revestimento: 0,20 - 2,00m; Tubo PVC

Geom. Filtro: 2,00 - 6,00m; Vão: 0,00 - 0,20; Selo de Bentonita: 020 - 1,50m; Pré-

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

TF-2009/18		Ø Perfuração: 4 polegadas		Data da Sondagem:		Criado por:	
		Ø Instalação: 2 polegadas		Poço número: PB-08		Lucas T. K. Claudio	
Amstras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS		
					PISO DE CONCRETO		
			1		ATERRO - Argila siltosa, marrom.		
			2				
			3				
			4				
			5		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila siltosa, bege e cinza.		
			6		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Argila arenosa (areia fina), cinza.		
			7		SEDIMENTO TERCIÁRIO - Areia grossa, pouco argilosa, com seixos de quartzo, cinza e roxa.		
			8				
			9				

Observações:

Profundidade final da Sondagem: 8,50m;

Nível d'água encontrado na perfuração: 7,20m

Notas do Perfil Construtivo:	Revestimento:	0,00	-	5,50m:	Tubo PVC
------------------------------	---------------	------	---	--------	----------

Geom. Filtro: 5,50 - 8,50m; Vão: 0,00 - 0,40; Selo de Bentonita: 0,40 - 5,00m;

PERFIL CONSTRUTIVO DE SONDAGEM

Amostras	Nível d'água	Perfil Construtivo	Profundidade (m)	Litologia	Descrição dos Materiais	Data da Sondagem:		Criado por:
						Ø Perfuração: 4 polegadas	Ø Instalação: 2 polegadas	
TF-2009/18							Ago/2009	Lucas T. K. Claudio
							Poço número: PB-09	
			1					
			2					
			3					
			4					
			5					
			6					
			7					
			8					
			9					

Observações:

Profundidade final da Sondagem: 8,50m:

Nível d'água encontrado na perfuração: 7,00m

Notas do Perfil Construtivo:	Revestimento:	0,00	-	5,50m:	Tubo	pvc
------------------------------	---------------	------	---	--------	------	-----

Geom. Filtro: 5,50 - 8,50m; Vão: 0,00 - 0,40; Selo de Bentonita: 0,40 - 5,00m;

Anexo II – Dados Hidrogeológicos

Tabela 7.4.1 Dados hidrogeológicos obtidos no Monitoramento 4 (Setembro/2009) para a elaboração do mapa potenciométrico

Poços	Cota (m)	N.A. (m)	N.F.L. (m)	Espessura Aparente (m)	Espessura Corrigida (m)	Carga Hidráulica Corrigida (m)	Poços	Cota (m)	N.A. (m)	N.F.L. (m)	Espessura Aparente (m)	Espessura Corrigida (m)	Carga Hidráulica Corrigida (m)
PB-01	101,29	4,28	-	-	-	97,01	PM-16	104,23	7,06	-	-	-	97,17
PB-02	101,29	4,14	-	-	-	97,15	PM-17	101,27	4,23	-	-	-	97,04
PB-03	101,30	4,31	4,3000	0,01	0,003	97,00	PM-18/PO-03	101,31	4,74	4,6100	0,13	0,037	96,66
PB-04	101,27	4,09	-	-	-	97,18	PM-19	101,30	4,38	4,2900	0,09	0,025	96,98
PB-05	101,31	4,38	-	-	-	96,93	PM-20	101,30	4,37	-	-	-	96,93
PB-06	101,27	4,25	-	-	-	97,02	PM-21	101,30	4,38	-	-	-	96,92
PB-07	101,28	4,26	-	-	-	97,02	PM-22	101,30	4,33	4,3100	0,02	0,006	96,98
PB-08	103,99	7,08	-	-	-	96,91	PM-23	101,31	4,44	4,3300	0,11	0,031	96,95
PB-09	104,11	7,12	-	-	-	96,99	PM-25	101,25	4,36	-	-	-	96,89
PB-10	104,53	7,40	-	-	-	97,13	PM-26	103,65	6,72	-	-	-	96,93
PB-11	104,45	7,23	-	-	-	97,22	PM-27	103,75	6,94	6,7300	0,21	0,059	96,96
PB-12	104,07	6,95	-	-	-	97,12	PM-28	104,03	7,20	-	-	-	96,83
PM-01	104,40	7,24	-	-	-	97,16	PM-29	101,25	6,63	-	-	-	96,89
PM-02	104,60	6,18	-	-	-	98,42	PM-31	99,16	2,91	-	-	-	96,25
PM-03	104,46	7,51	-	-	-	96,95	PM-33	101,25	4,59	-	-	-	96,66
PM-04	103,31	5,94	-	-	-	97,37	PM-34	101,34	4,39	-	-	-	96,93
PM-05	103,34	5,81	-	-	-	97,53	PM-36	103,57	6,79	-	-	-	96,78
PM-06	103,98	6,83	-	-	-	97,15	PM-37	105,35	7,75	-	-	-	97,60
PM-07	104,20	7,15	-	-	-	97,05	PM-38	103,45	6,54	-	-	-	96,91
PM-09	103,66	6,23	-	-	-	97,43	PM-39	101,28	5,05	-	-	-	96,23
PM-10	104,22	5,64	-	-	-	98,58	PM-40	101,29	5,34	-	-	-	95,95
PM-11	102,85	5,29	-	-	-	97,56	PM-41	101,25	5,99	-	-	-	95,26
PM-12	104,72	7,72	-	-	-	97,00	PM-42	104,84	5,55	-	-	-	99,29
PM-13	104,29	7,79	-	-	-	96,50	PM-43	7,45	7,45	-	-	-	97,50
PM-14	104,23	7,08	7,0700	0,01	0,003	97,16	PO-01	101,27	4,37	4,2900	0,08	0,023	96,96
PM-15	104,53	5,38	-	-	-	99,15	PO-02	101,28	4,50	4,4800	0,02	0,006	96,79

Tabela 7.4.2 Dados hidrogeológicos dos conjuntos multi-níveis (junho/2009)

Poço	Cota Topográfica (m)	N.A. (m)	N.F.L. (m)	Espessura aparente (m)	Espesura corrigida (m)	Carga hidráulica (m)
PM-03	104,46	7,46	7,37	0,09	0,03	97,06
PMN-03	104,46	7,42	-	-	-	97,04
PM-19	101,3	4,4	4,3	0,1	0,03	96,97
PMN-19	101,3	4,31	-	-	-	96,99
PM-23	101,31	4,48	4,34	0,14	0,04	96,93
PMN-23	101,28	4,36	-			96,92

Tabela 7.4.3 - Identificação dos poços ensaiados e valores de condutividades hidráulicas (K) obtidos

Poço de Monitoramento	K (cm/s)
PM-15	1,0E-04
PM-16	1,1E-04
PM-25	1,5E-04
PM-29	5,0E-4 / 7,0E-04
PM-36	3,8E-04
PM-41	1,0E-04
PM-42	7,0E-05

Tabela 7.4.5 - Resultados Analíticos das amostras complementares de água subterrânea, para a modelagem de fluxo e transporte

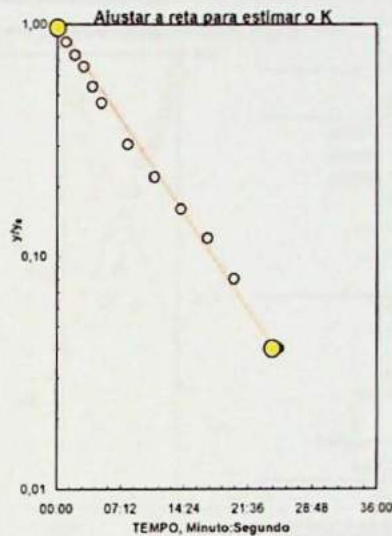
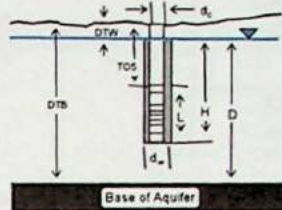
Substância	Unidade	PM-15	PM-21
		Montante	Foco
Nitrato	mg/l	0,92	1,9
Metano		3286	38467
Sulfato		5,01	5,82
Ferro		< 0,10	57
Oxigênio dissolvido		3,450	5,540

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

INPUT	
Construction:	
Diâm. do Tubo (d_c)	2 Polegada
Diâm. do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprim. do Filtro (L)	3 Metros
Profundidade do(a):	
nível d'água (DTW)	4,88 Metros
topo do filtro (TOS)	4,4 Metros
Base do Aquif. (DTB)	25 Metros
Preenchimento do Filtro:	
ao longo do filtro -- Areia Grossa	
acima do filtro -- Bentonita	
Aquifer Material -- Surficial Aquifer, central Flo	

COMPUTED	
L_{welled}	2,52 Metros
D =	20,12 Metros
H =	2,52 Metros
L/r_w	15,12
Y_0 -DISPLACEMENT =	25,00 cm
Y_0 -SLUG =	30,46 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A =	2,066
B =	0,313
$\ln(Re/r_w)$ =	1,567
Re =	0,80 cm
Slope =	0,00095 $\log_{10}/\text{sec}$
$t_{90\%}$ recovery =	1053 sec
Input is consistent.	
K = 1,00E-04 cm/Segundos	

Local: PM-15
Data: 23/9/2009
Hora: 14:08



Entry	Tempo	Nível d'água
1	14:08:00,0	5,13
2	14:09:00,0	5,09
3	14:10:00,0	5,07
4	14:11:00,0	5,05
5	14:12:00,0	5,02
6	14:13:00,0	5,00
7	14:16:00,0	4,95
8	14:19:00,0	4,94
9	14:22:00,0	4,92
10	14:25:00,0	4,91
11	14:28:00,0	4,90
12	14:33:00,0	4,89
13	14:38:00,0	4,88

REMARKS:

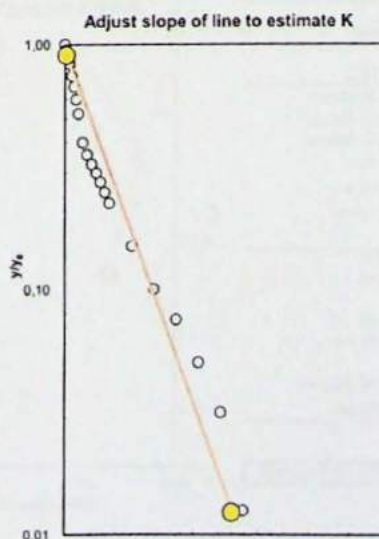
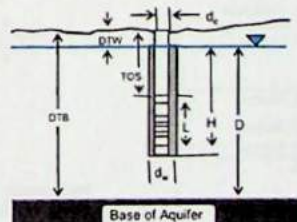
Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976

ENSAIO DE RECUPERAÇÃO

INPUT	
Construction:	
Diâmetro do Poço (d_c)	2 Polegada
Diâmetro do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprimento Filtro (L)	3 Metros
Depths to:	
water level (DTW)	7 Metros
top of screen (TOS)	5 Metros
Base of Aquifer (DTB)	25 Metros
Annular Fill:	
across screen -- Areia Grossa	
above screen -- Bentonita	
Aquifer Material -- Areia Fina	

COMPUTED	
L_{welled}	1 Metros
D =	18 Metros
H =	1 Metros
L/r_w	19,70
Y_0 -DISPLACEMENT =	80,00 cm
Y_0 -SLUG =	75,00 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A =	2,191
B =	0,343
$\ln(Re/r_w)$ =	1,720
Re =	0,93 cm
Slope =	0,000839 $\log_{10}/\text{sec}$
$t_{90\%}$ recovery =	1191 sec
Input is consistent.	
K = 0,00011 cm/Segundos	

Local ID: PM-16
Date: 14/5/2009
Time: 14:08



Entry	Time	Water Level
1	14:08:00,0	7,80
2	14:08:15,0	7,76
3	14:08:30,0	7,73
4	14:08:45,0	7,70
5	14:09:00,0	7,67
6	14:09:30,0	7,60
7	14:10:00,0	7,54
8	14:10:30,0	7,48
9	14:11:00,0	7,42
10	14:12:00,0	7,32
11	14:13:00,0	7,29
12	14:14:00,0	7,26
13	14:15:00,0	7,24
14	14:16:00,0	7,22
15	14:17:00,0	7,20
16	14:18:00,0	7,18
17	14:23:00,0	7,12
18	14:28:00,0	7,08
19	14:33:00,0	7,06
20	14:38:00,0	7,04
21	14:43:00,0	7,03
22	14:48:00,0	7,01
23	14:58:00,0	7,01
24	15:08:00,0	7,00

ENSAIO DE RECUPERAÇÃO

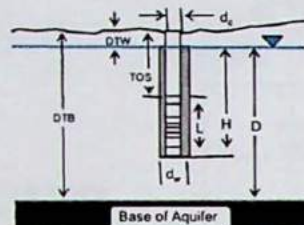
INPUT	
Construction:	
Diâmetro do Poço (d_c)	2 Polegada
Diâmetro do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprimento Filtro (L)	3 Metros
Depths to:	
water level (DTW)	4,3 Metros
top of screen (TOS)	2,4 Metros
Base of Aquifer (DTB)	25 Metros
Annular Fill:	
across screen — Areia Grossa	
above screen — Bentonita	
Aquifer Material — Areia Fina	

COMPUTED	
L_{wetted}	1,1 Metros
D	20,7 Metros
H	1,1 Metros
L/r_w	21,67
$Y_0-DISPLACEMENT$	76,00 cm
Y_0-SLUG	75,00 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A =	2,260
B =	0,359
$\ln(R_e/r_w) =$	1,784
$R_e =$	0,99 cm
Slope =	0,001231 $\log_{10}/\text{sec}$
$t_{90\%}$ recovery =	812 sec

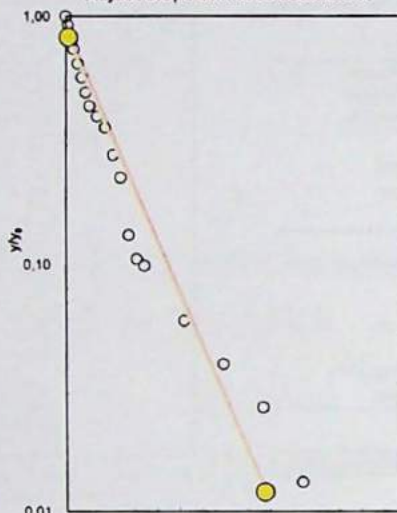
Report to contractor:

K = 0,00015 cm/Segundos

Local ID: PM-25
Date: 14/5/2009
Time: 14:08



Adjust slope of line to estimate K



Reduced Data		
Entry	Time, Hr:Min:Sec	Water Level
1	14:08:00,0	5,05
2	14:08:15,0	4,99
3	14:08:30,0	4,94
4	14:08:45,0	4,90
5	14:09:00,0	4,85
6	14:09:30,0	4,78
7	14:10:00,0	4,72
8	14:10:30,0	4,67
9	14:11:00,0	4,62
10	14:12:00,0	4,59
11	14:13:00,0	4,56
12	14:14:00,0	4,50
13	14:15:00,0	4,46
14	14:16:00,0	4,39
15	14:17:00,0	4,37
16	14:18:00,0	4,37
17	14:23:00,0	4,34
18	14:28:00,0	4,32
19	14:33:00,0	4,31
20	14:38:00,0	4,30
21	14:43:00,0	4,29

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

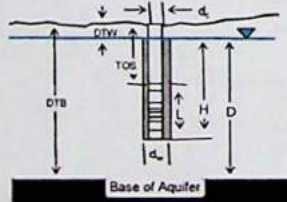
INPUT	
Construction:	
Diâm. do Tubo (d_c)	2 Polegada
Diâm. do Furo (d_w)	4 Polegada
Compr. do Filtro (L)	2 Metros
Profundidade do(a):	
nível d'água (DTW)	5,89 Metros
topo do filtro (TOS)	5,3 Metros
Base do Aquif. (DTB)	25 Metros
Preenchimento do Filtro:	
ao longo do filtro — Areia Grossa	
acima do filtro — Bentonita	
Aquifer Material — Areia Média	

COMPUTED	
L_{wetted}	1,41 Metros
D	19,11 Metros
H	1,41 Metros
L/r_w	8,46
$Y_0-DISPLACEMENT$	61,00 cm
Y_0-SLUG	53,73 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A =	1,627
B =	0,268
$\ln(R_e/r_w) =$	1,138
$R_e =$	0,52 cm
Slope =	0,003798 $\log_{10}/\text{sec}$
$t_{90\%}$ recovery =	263 sec

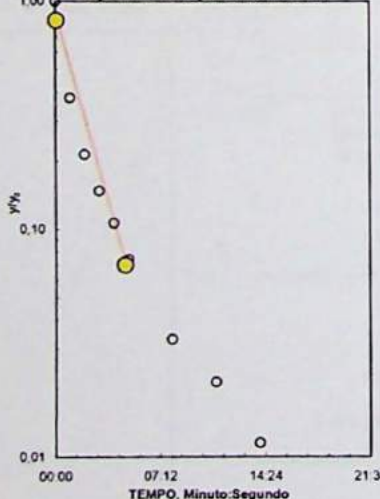
Report to contractor:

K = 7,00E-04 cm/Segundos

Local: PM-29
Data: 23/9/2009
Hora: 14:08



Ajustar a reta para estimar o K



Entry	Tempo Hr:Min:Sec	Nível d'água
1	14:08:00,0	6,50
2	14:09:00,0	6,12
3	14:10:00,0	6,02
4	14:11:00,0	5,98
5	14:12:00,0	5,96
6	14:13:00,0	5,94
7	14:16:00,0	5,91
8	14:19:00,0	5,90
9	14:22:00,0	5,90
10	14:25:00,0	5,89

REMARKS:

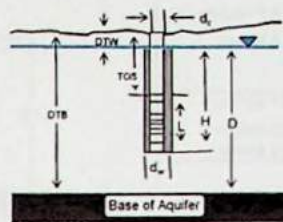
Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

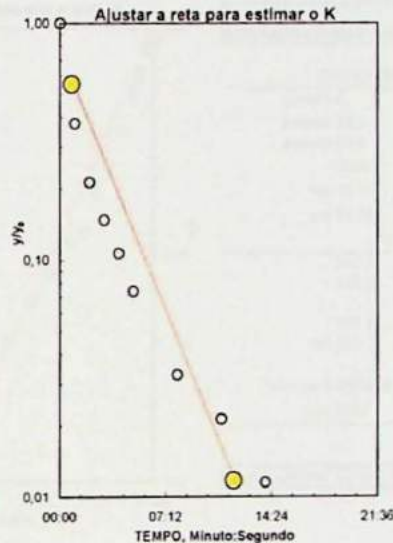
INPUT	
Construction:	
Diâm. do Tubo (d_c)	2 Polegada
Diâm. do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprim. do Filtro (L)	2 Metros
Profundidade do(a):	
nível d'água (DTW)	5,89 Metros
topo do filtro (TOS)	5,3 Metros
Base do Aquif. (DTB)	25 Metros
Preenchimento do Filtro:	
ao longo do filtro – Areia Grossa acima do filtro – Bentonita	
Aquifer Material – Areia Média	

COMPUTED	
L_{well}	1,41 Metros
D	19,11 Metros
H	1,41 Metros
L/r_w	8,46
Y_0 -DISPLACEMENT	61,00 cm
Y_0 -SLUG	53,73 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A	1,827
B	0,268
$\ln(R_e/r_w)$	1,138
R_e	0,52 cm
Slope	0,002531 $\log_{10}/\text{sec}$
$t_{90\%}$ recovery	395 sec
Input is consistent.	
K = 5,00E-04 cm/Segundos	

Local: PM-29
Data: 23/9/2009
Hora: 14:08



Entry	Tempo Hr:Min:Sec	Nível d'água
1	14:08:00,0	6,50
2	14:09:00,0	6,12
3	14:10:00,0	6,02
4	14:11:00,0	5,98
5	14:12:00,0	5,96
6	14:13:00,0	5,94
7	14:16:00,0	5,91
8	14:19:00,0	5,90
9	14:22:00,0	5,90
10	14:25:00,0	5,89

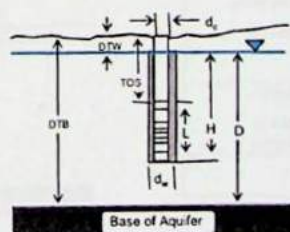


ENSAIO DE RECUPERAÇÃO

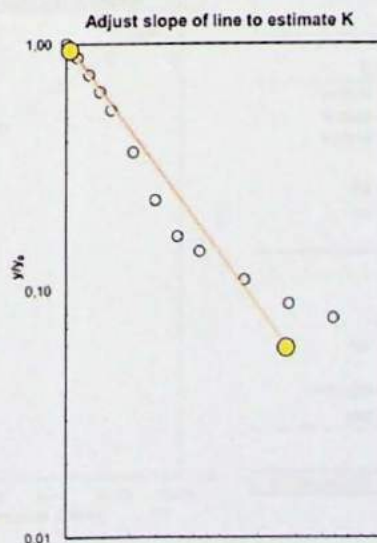
INPUT	
Construction:	
Diâmetro do Poço (d_c)	2 Polegada
Diâmetro do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprimento Filtro (L)	2 Metros
Depths to:	
water level (DTW)	4,3 Metros
top of screen (TOS)	5,7 Metros
Base of Aquifer (DTB)	25 Metros
Annular Fill:	
across screen – Areia Grossa above screen – Bentonita	
Aquifer Material – Areia Fina	

COMPUTED	
L_{well}	2 Metros
D	20,7 Metros
H	3,4 Metros
L/r_w	39,40
Y_0 -DISPLACEMENT	91,00 cm
Y_0 -SLUG	75,00 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A	2,823
B	0,457
$\ln(R_e/r_w)$	2,494
R_e	2,02 cm
Slope	0,004137 $\log_{10}/\text{sec}$
$t_{90\%}$ recovery	242 sec
Input is consistent.	
K = 0,00038 cm/Segundos	

Local ID: PM-36
Date: 14/5/2009
Time: 14:08



Entry	Time, Hr:Min:Sec	Water Level
1	14:08:00,0	5,20
2	14:08:15,0	5,09
3	14:08:30,0	4,97
4	14:08:45,0	4,87
5	14:09:00,0	4,78
6	14:09:30,0	4,62
7	14:10:00,0	4,50
8	14:10:30,0	4,44
9	14:11:00,0	4,42
10	14:12:00,0	4,39
11	14:13:00,0	4,37
12	14:14:00,0	4,36



ENSAIO DE PERMEABILIDADE

INPUT

Construction:	
Diâm. do Tubo (d_t)	2 Polegada
Diâm. do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprim. do Filtro (L)	3 Metros
Profundidade do(a):	
nível d'água (DTW)	5,07 Metros
topo do filtro (TOS)	6,5 Metros
Base do Aquif. (DTB)	10 Metros
Preenchimento do Filtro:	
ao longo do filtro – Areia Grossa	
acima do filtro – Bentonita	
Aquifer Material – Solos argilosos (superficial)	

COMPUTED

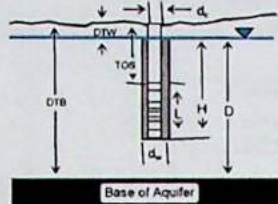
L_{water}	3 Metros
D	4,93 Metros
H	4,43 Metros
L/r_w	18,00
$Y_0-DISPLACEMENT$	97,00 cm
Y_0-SLUG	85,66 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A	2,144
B	0,332
$\ln(Re/r_w)$	2,107
Re	1,37 cm
Slope	0,00066 $\log_{10}/sec$
$t_{90\% recovery}$	1516 sec

Input is consistent.

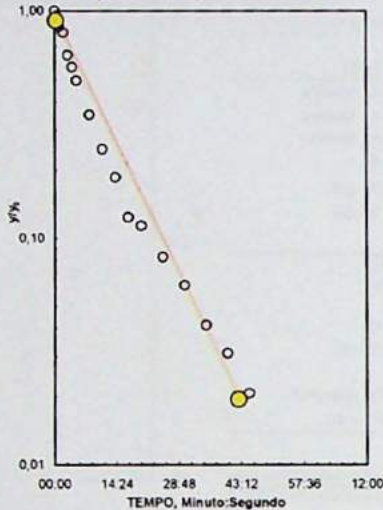
K = 1,00E-04 cm/Segundos

REMARKS:

Local: PM-41
Data: 23/9/2009
Hora: 14:08



Ajustar a reta para estimar o K



Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976

Entry	Tempo Hr:Min:Sec	Nível d'água
1	14:08:00,0	6,04
2	14:09:00,0	5,90
3	14:10:00,0	5,85
4	14:11:00,0	5,69
5	14:12:00,0	5,62
6	14:13:00,0	5,55
7	14:16:00,0	5,41
8	14:19:00,0	5,31
9	14:22:00,0	5,25
10	14:25:00,0	5,19
11	14:28:00,0	5,18
12	14:33:00,0	5,15
13	14:38:00,0	5,13
14	14:43:00,0	5,11
15	14:48:00,0	5,10
16	14:53:00,0	5,09
17	15:08:00,0	5,07

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

INPUT

Construction:	
Diâm. do Tubo (d_t)	2 Polegada
Diâm. do Furo (d_w)	4 Polegada
Comprim. do Filtro (L)	2 Metros
Profundidade do(a):	
nível d'água (DTW)	5,265 Metros
topo do filtro (TOS)	5,05 Metros
Base do Aquif. (DTB)	25 Metros
Preenchimento do Filtro:	
ao longo do filtro – Areia Grossa	
acima do filtro – Bentonita	
Aquifer Material – Silt, Loess	

COMPUTED

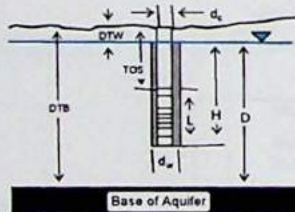
L_{water}	1,785 Metros
D	19,735 Metros
H	1,785 Metros
L/r_w	10,71
$Y_0-DISPLACEMENT$	30,00 cm
Y_0-SLUG	30,46 cm
From look-up table using L/r_w	
Partial penetrate A	1,912
B	0,275
$\ln(Re/r_w)$	1,311
Re	0,62 cm
Slope	0,000399 $\log_{10}/sec$
$t_{90\% recovery}$	2506 sec

Input is consistent.

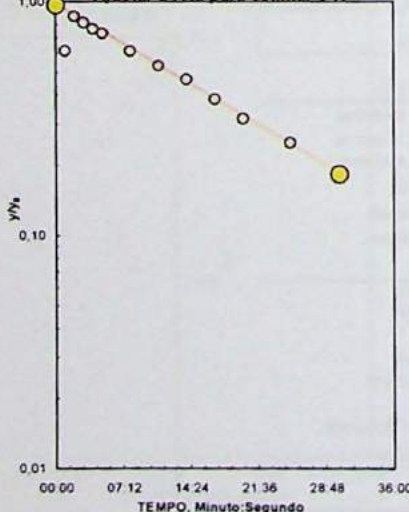
K = 7,00E-05 cm/Segundos

REMARKS:

Local: PM-42
Data: 23/9/2009
Hora: 14:08



Ajustar a reta para estimar o K



Bouwer and Rice analysis of slug test, WRR 1976

Entry	Tempo Hr:Min:Sec	Nível d'água
1	14:08:00,0	5,57
2	14:09:00,0	5,45
3	14:10:00,0	5,53
4	14:11:00,0	5,51
5	14:12:00,0	5,50
6	14:13:00,0	5,49
7	14:16:00,0	5,45
8	14:19:00,0	5,43
9	14:22:00,0	5,41
10	14:25:00,0	5,38
11	14:28:00,0	5,36
12	14:33:00,0	5,34
13	14:38:00,0	5,32

Anexo III – Resultados das Análises Químicas

Tabela 7.6.1.1 – Resultados analíticos para amostras de solo.

Local da Coleta	L.D.	PM-15	PM-16	PM-17	PM-18	PM-19	PM-20	PM-21	PM-22	PM-23	PM-24	PM-25	PM-26	PM-27	PM-28	PMN-03	PMN-19	PMN-23	Valores Orientadores
PAH (µg/kg)																			
Naftaleno	3,95	< L.D.	< L.D.	< L.D.	232,4	< L.D.	< L.D.	< L.D.	128,0	31,3	59,10	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	6,0 x 10 ⁴ (1)
Acenafaleno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	-
Acenafieno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	6,29 x 10 ⁷ (2)
Fluoreno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	145,4	4,15	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,3 x 10 ⁸ (2)
Fenantreno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	75,2	19,89	< L.D.	< L.D.	< L.D.	19,3	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	4,0 x 10 ⁴ (1)
Antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	4,04 x 10 ⁹ (2)
Fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	8,34 x 10 ⁹ (2)
Pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	60,88	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	9,78 x 10 ⁹ (2)
Benzo(a)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,0 x 10 ⁴ (1)
Criseo		< L.D.	< L.D.	< L.D.	74,32	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,24 x 10 ⁸ (2)
Benzo(b)fluoranteno	1,97	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	8,5 x 10 ⁸ (2)
Benzo(k)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	3,62 x 10 ⁸ (2)
Benzo(a)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,5 x 10 ³ (1)
Indeno(1,2,3-cd)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,5 x 10 ⁴ (1)
Dibenzo(a,h)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	6,0 x 10 ² (1)
Benzo(g,h,i)perileno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	-
BTEX (µg/kg)																			
Benzeno	1,97	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	8,0 x 10 ¹ (1)
Tolueno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	61,3	59,5	< 1,95	< 1,78	80,0	56,3	7,37	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	3,0 x 10 ⁴ (1)
Etilbenzeno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	4,0 x 10 ⁴ (1)
Xilenos		< L.D.	< L.D.	< L.D.	44,0	48,9	< L.D.	< L.D.	< L.D.	115,9	131,1	8,32	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.

L.D.: Limite de Detecção do laboratório

(1) Valor de Intervenção Residencial para Solo - CETESB (2005)

(2) Valores Aceitáveis de Concentração do ACBR - NABR (Níveis de Avaliação Baseados no Risco) - Para cenário de exposição Via Inalação de Vapores a Partir do Solo em Ambientes Fechados Residencial (CETESB 2006).

Os valores em negrito encontram-se acima dos respectivos valores orientadores

Tabela 7.6.2.1 – Resultados analíticos para amostras de água subterrânea

Local da Coleta	L.D.	PM-01	PM-02	PM-04	PM-06A	PM-07	PM-09	PM-10	PM-11	PM-16	PM-17	PM-20	Valores Orientadores
PAH (µg/L)													
Naftaleno		36	2,8	< L.D.	12	86	< L.D.	0,92	0,31	0,62	0,26	23	140 ⁽¹⁾
Acenaftaleno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	71 ⁽⁴⁾
Acenafteno		0,16	< L.D.	< L.D.	0,85	0,38	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2130 ⁽²⁾
Fluoreno		0,20	< L.D.	< L.D.	1,7	7,8	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,23	1420 ⁽²⁾
Fenantreno		0,24	< L.D.	< L.D.	2,1	11	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,28	140 ⁽¹⁾
Antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,6	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	10600 ⁽²⁾
Fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1420 ⁽²⁾
Pireno	0,15	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,6	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1060 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,75 ⁽¹⁾
Críseno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	94,4 ⁽²⁾
Benzo(b)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,944 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	9,44 ⁽²⁾
Benzo(a)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,7 ⁽¹⁾
Indeno(1,2,3-cd)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,17 ⁽¹⁾
Dibenzo(a,h)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,18 ⁽¹⁾
Benzo(g,h,i)perileno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,05 ⁽³⁾

L.D.: Limite de Detecção Analítico do Laboratório

(1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005)

(2) Valores Aceitáveis de Concentração do ACBR - NABR (Níveis de Avaliação Baseados no Risco) - Para Ingestão de Água Subterrânea em Ambiente Residencial

(3) Valor de Intervenção para água subterrânea - Lista Holandesa (2000)

(4) Padrão IDEM RISC (2004)

Tabela 7.6.2.1 (continuação) – Resultados analíticos para amostras de água subterrânea

Local da Coleta	L.D.	PM-21	PM-25	PM-26	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-32	PM-33	PM-34	Valores Orientadores
PAH (µg/L)												
Naftaleno		242	17	119	13	0,27	33	5	2,5	8,9	< L.D.	140 ⁽¹⁾
Acenaftaleno		0,50	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	71 ⁽⁴⁾
Acenafteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,18	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2130 ⁽²⁾
Fluoreno		0,69	< L.D.	0,15	< L.D.	< L.D.	0,32	0,18	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1420 ⁽²⁾
Fenantreno		0,89	< L.D.	0,17	< L.D.	< L.D.	0,32	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	140 ⁽¹⁾
Antraceno		0,17	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	10600 ⁽²⁾
Fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1420 ⁽²⁾
Pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1060 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	0,15	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,75 ⁽¹⁾
Criseno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	94,4 ⁽²⁾
Benzo(b)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,944 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	9,44 ⁽²⁾
Benzo(a)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,7 ⁽¹⁾
Indeno(1,2,3-cd)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,17 ⁽¹⁾
Dibenzo(a,h)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,18 ⁽¹⁾
Benzo(g,h,i)perileno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,05 ⁽³⁾

L.D.: Limite de Detecção Analítico do Laboratório

(1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005)

(2) Valores Aceitáveis de Concentração do ACBR - NABR (Níveis de Avaliação Baseados no Risco) - Para Ingestão de Água Subterrânea em Ambiente Residencial

(3) Valor de Intervenção para água subterrânea - Lista Holandesa (2000)

(4) Padrão IDEM RISC (2004)

Tabela 7.6.2.1 (continuação) – Resultados analíticos para amostras de água subterrânea

Local da Coleta	L.D.	PM-35	PM-36	PM-37	PM-39	PM-40	PM-41	PM-42	PM-43	PMN-03	PMN-19	PMN-23	Valores Orientadores
PAH (µg/L)													
Naftaleno		0,88	13	0,48	< L.D.	0,24	< L.D.	< L.D.	< L.D.	95	8,9	98	140 ⁽¹⁾
Acenafaleno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,28	< L.D.	< L.D.	71 ⁽⁴⁾
Acenafteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,60	< L.D.	0,23	2130 ⁽²⁾
Fluoreno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,1	< L.D.	0,32	1420 ⁽²⁾
Fenantreno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2,2	< L.D.	0,45	140 ⁽¹⁾
Antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	10600 ⁽²⁾
Fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1420 ⁽²⁾
Pireno	0,15	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,25	< L.D.	< L.D.	1060 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1,75 ⁽¹⁾
Criseno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	94,4 ⁽²⁾
Benzo(b)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,944 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	9,44 ⁽²⁾
Benzo(e)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,7 ⁽¹⁾
Indeno(1,2,3-cd)pireno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,17 ⁽¹⁾
Dibenzo(a,h)antraceno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,18 ⁽¹⁾
Benzo(g,h,i)perileno		< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,05 ⁽³⁾

L.D.: Limite de Detecção Analítico do Laboratório

(1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005)

(2) Valores Aceitáveis de Concentração do ACBR - NABR (Níveis de Avaliação Baseados no Risco) - Para Ingestão de Água Subterrânea em Ambiente Residencial

(3) Valor de Intervenção para água subterrânea - Lista Holandesa (2000)

(4) Padrão IDEM RISC (2004)

Tabela 7.6.2.1 (continuação) – Resultados analíticos para amostras de água subterrânea

Local da Coleta	L.D.	PM-01	PM-02	PM-04	PM-06A	PM-07	PM-09	PM-10	PM-11	PM-12	PM-16	PM-17	PM-20	Valores Orientadores	
BTEX (µg/L)															
Benzeno	5	51	6,6	< L.D.	12	170	< L.D.	27	< L.D.	190	< L.D.	< L.D.	240	5 ⁽¹⁾	
Tolueno		27	< L.D.	< L.D.	< L.D.	56	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1100	< L.D.	< L.D.	< L.D.	700 ⁽¹⁾	
Etilbenzeno		24	10	< L.D.	33	200	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	310	< L.D.	< L.D.	64	300 ⁽¹⁾
Xilenos Totais		690	5,2	< L.D.	33,2	760	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	2190	< L.D.	< L.D.	6,8	500 ⁽¹⁾
ETANOL (µg/L)															
Etanol	1000	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1070000 ⁽²⁾	

Local da Coleta	L.D.	PM-21	PM-25	PM-26	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-32	PM-33	PM-34	Valores Orientadores
BTEX (µg/L)												
Benzeno	5	2600	27	46	< L.D.	< L.D.	2300	13	190	180	< L.D.	5 ⁽¹⁾
Tolueno		360	8,1	1100	< L.D.	< L.D.	6,4	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	700 ⁽¹⁾
Etilbenzeno		1200	86	420	< L.D.	< L.D.	100	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	300 ⁽¹⁾
Xilenos Totais		6700	70,7	2400	49	< L.D.	10	58	< L.D.	5,6	< L.D.	500 ⁽¹⁾
ETANOL (µg/L)												
Etanol	1000	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1070000 ⁽²⁾

Local da Coleta		L.D.	PM-35	PM-36	PM-37	PM-38	PM-39	PM-40	PM-41	PM-42	PM-43	PMN-03	PMN-19	PMN-23	Valores Orientadores	
BTEX (µg/L)																
Benzeno		5	16	93	< L.D.	32	< L.D.	140	< L.D.	< L.D.	< L.D.	3,3	2,1	2,9	5 ⁽¹⁾	
Tolueno			6,2	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	230	< L.D.	230	700 ⁽¹⁾	
Etilbenzeno			5,6	59	< L.D.	18	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	210	< L.D.	100	300 ⁽¹⁾
Xilenos Totais			35	53,8	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	120	27	260	500 ⁽¹⁾
ETANOL (µg/L)																
Etanol		1000	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	1070000 ⁽²⁾	

L.D.: Limite de Detecção Analítico do Laboratório

(1) Valor de Intervenção para água subterrânea - CETESB (2005)

(2) Valores Aceitáveis de Concentração do ACBR - NABR (Níveis de Avaliação Baseados no Risco) - Para Ingestão de Água Subterrânea em Ambiente Residencial

Tabela 7.9.1 – Dados utilizados na modelagem

Condutividade Hidráulica	8,30E-05	(cm/seg)
Gradiente Hidráulico	3,35E-02	adimensional
Porosidade	0,05	adimensional
Comprimento Máx. Estimado da Pluma de Benzeno	220	(pés)
Comprimento Máx. Estimado da Pluma de Etilbenzeno	31	(pés)
Comprimento Máx. Estimado da Pluma de Tolueno	14	(pés)
Comprimento Máx. Estimado da Pluma de Xilenos	35	(pés)
Comprimento Máx. Estimado da Pluma de Naftaleno	5	(pés)
Densidade Aparente do Solo	1,61	(kg/l)
Coeficiente de Partição (Koc) Benzeno	59	(L/kg)
Coeficiente de Partição (Koc) Etilbenzeno	363	(L/kg)
Coeficiente de Partição (Koc) Tolueno	181,97	(L/kg)
Coeficiente de Partição (Koc) Xilenos	239,88	(L/kg)
Coeficiente de Partição (Koc) Naftaleno	1995,26	(L/kg)
Carbono Orgânico Total	0,082	adimensional
Delta Oxigênio – OD – Benzeno	0	(mg/L)
Delta Oxigênio – OD – Etilbenzeno	0	(mg/L)
Delta Oxigênio – OD – Tolueno	0	(mg/L)
Delta Oxigênio – OD – Xilenos	0	(mg/L)
Delta Oxigênio – OD – Naftaleno	0	(mg/L)
Delta Nitrato - NO3 – Benzeno	0	(mg/L)
Delta Nitrato - NO3 – Etilbenzeno	0	(mg/L)
Delta Nitrato - NO3 – Tolueno	0	(mg/L)
Delta Nitrato - NO3 – Xilenos Totais	0	(mg/L)
Delta Nitrato - NO3 – Naftaleno	0	(mg/L)
Delta Ferro Ferroso - Fe ²⁺ – Benzeno	12,51	(mg/L)
Delta Ferro Ferroso - Fe ²⁺ – Etilbenzeno	5,78	(mg/L)
Delta Ferro Ferroso - Fe ²⁺ – Tolueno	5,29	(mg/L)
Delta Ferro Ferroso - Fe ²⁺ – Xilenos	32,25	(mg/L)
Delta Ferro Ferroso - Fe ²⁺ – Naftaleno	1,16	(mg/L)
Delta Sulfato - SO4 – Benzeno	0	(mg/L)
Delta Sulfato - SO4 – Etilbenzeno	0	(mg/L)
Delta Sulfato - SO4 – Tolueno	0	(mg/L)
Delta Sulfato - SO4 – Xilenos	0	(mg/L)
Delta Sulfato - SO4 – Naftaleno	0	(mg/L)
Delta Metano - CH4 – Benzeno	7724,25	(mg/L)
Delta Metano - CH4 – Etilbenzeno	3565,044	(mg/L)
Delta Metano - CH4 – Tolueno	3267,95	(mg/L)
Delta Metano - CH4 – Xilenos	19904,8	(mg/L)
Delta Metano - CH4 – Naftaleno	718,95	(mg/L)
Tempo de Simulação	15 e 20	(anos)
Espessura da fonte na Zona Saturada	6,564	(pés)
Concentração na área central da pluma de Benzeno (pés)	2,6	(mg/L)
Concentração na área intermediária da pluma de Benzeno (pés)	0,5	(mg/L)
Concentração na área periférica da pluma de Benzeno (pés)	0,005	(mg/L)
Concentração na área central da pluma de Etilbenzeno (pés)	1,2	(mg/L)
Concentração na área intermediária da pluma de Etilbenzeno (pés)	0,6	(mg/L)
Concentração na área periférica da pluma de Etilbenzeno (pés)	0,3	(mg/L)
Concentração na área central da pluma de Tolueno (pés)	1,1	(mg/L)
Concentração na área intermediária da pluma de Tolueno (pés)	0,85	(mg/L)
Concentração na área periférica da pluma de Tolueno (pés)	0,7	(mg/L)
Concentração na área central da pluma de Xilenos (pés)	6,7	(mg/L)
Concentração na área intermediária da pluma de Xilenos (pés)	2,5	(mg/L)
Concentração na área periférica da pluma de Xilenos (pés)	0,5	(mg/L)
Concentração na área central da pluma de Naftaleno (pés)	0,242	(mg/L)
Concentração na área intermediária da pluma de Naftaleno (pés)	0,2	(mg/L)
Concentração na área periférica da pluma de Naftaleno (pés)	0,14	(mg/L)
Massa Solúvel na fonte de NAPL e no Solo	infinita	(Kg)

Air Force Center for Environmental Excellence

Version 1.4

TE - 09/18

Run Name

Seepage Velocity*

Seepage Velocity*	V_s	57,5	(ft/yr)
or		$\uparrow \alpha$	
Hydraulic Conductivity	K	8,3E-05	(cm/sec)
Hydraulic Gradient	i	0,0335	(ft/ft)
Porosity	n	0,05	(-)

Longitudinal Dispersivity*

Longitudinal Dispersivity*	α_x	11,7	(ft)
Transverse Dispersivity*	α_y	1,2	(ft)
Vertical Dispersivity*	α_z	0,02	(ft)
or		σ	
Estimated Plume Length	L_p	220	(ft)

Retardation Factor*

Retardation Factor*	R	2,5	(-)
or		$\uparrow$	α
Soil Bulk Density	ρ_{th}	1,61	(kg/l)
Partition Coefficient	K_{oc}	5,80E+01	(L/kg)
Fraction Organic Carbon	f_{oc}	8,2E-4	(-)

1st Order Decay Coeff*

1st Order Decay Coeff*	lambda	3.5E-1	(per yr)
or		$\uparrow$ σ	
Solute Half-Life	t-half	1.98	(year)
or Instantaneous Reaction Model			
Delta Oxygen*	DO	0.00E+00	(mg/L)
Delta Nitrate*	NO3	0.00E+00	(mg/L)
Observed Ferrous Iron*	Fe2+	1.25E+01	(mg/L)
Delta Sulfate*	SO4	0	(mg/L)
Observed Methane*	CH4	7.72E+03	(mg/L)

Modeled Area Length*

Modeled Area Length*	430	(ft)
Modeled Area Width*	335	(ft)
Simulation Time*	5	yr



Source Thickness

Source Thickness in Sat Zone* 6.564 (ft)

Source Zones:

Width* (ft)	Conc. (mg/L)
50,9	0,005
41,6	0,5
143	2,6
41,6	0,5
50,9	0,005

Source Halflife (see Help):

Infinite	Infinite	(yr)
----------	----------	------

Inst. React.	1st Order
--------------	-----------

Soluble Mass	infinite	(Kg
--------------	----------	-----

In Source NAPL, Soil

Concentration (mg/L)	2.6	
----------------------	-----	--

Dist. from Source (ft)	0	43	86	129	172	215	258	301	344	387	430
------------------------	---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

OF CHOOSE FILE OR COPY OR TO CLEAR

RUN
CENTERLINE

RUN ARRAY

View Output

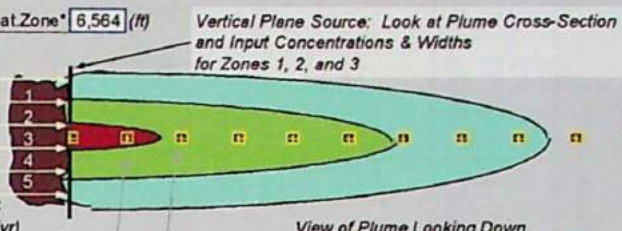
View Output

Help

Recalculate This Sheet

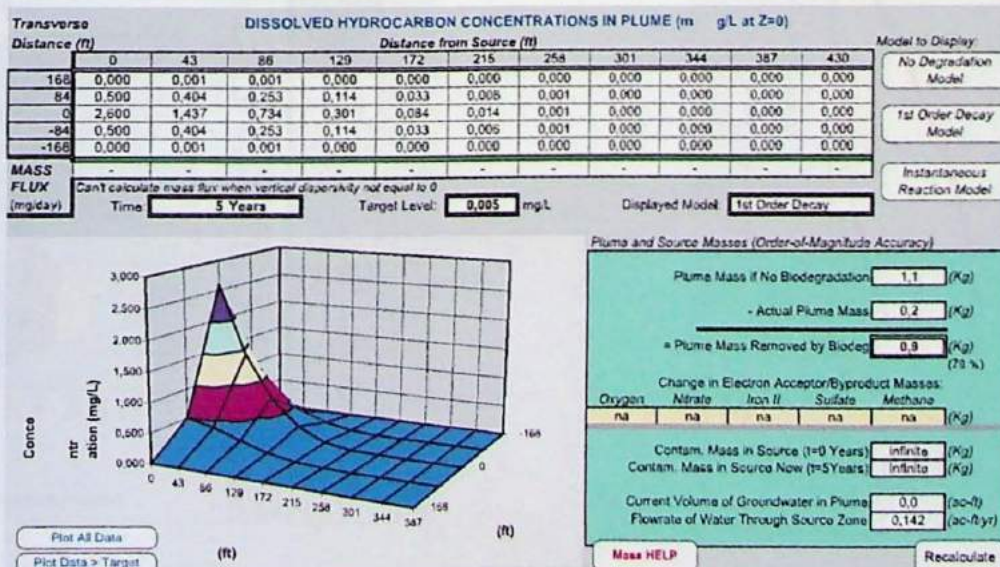
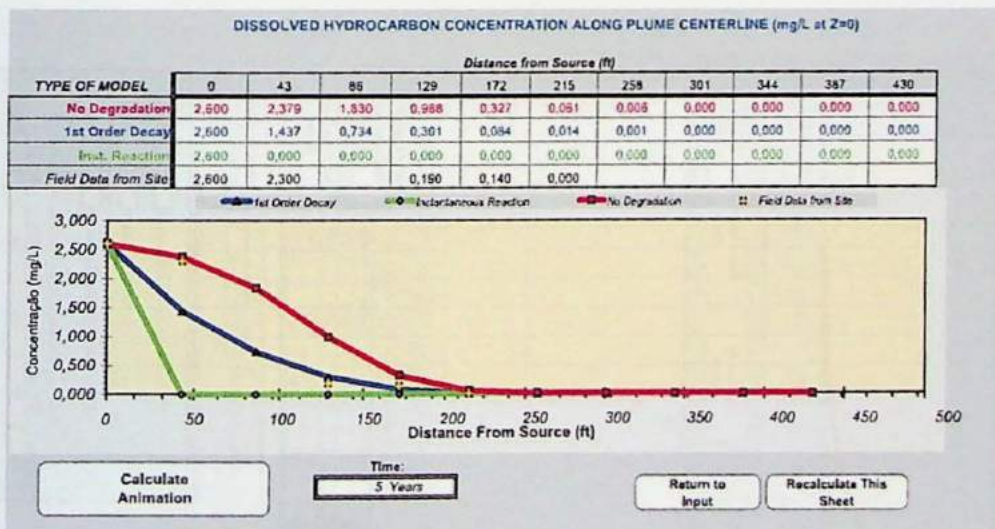
Paste Example Dataset

Restore Formulas for Vs,
dispersivities, R, lambda, other



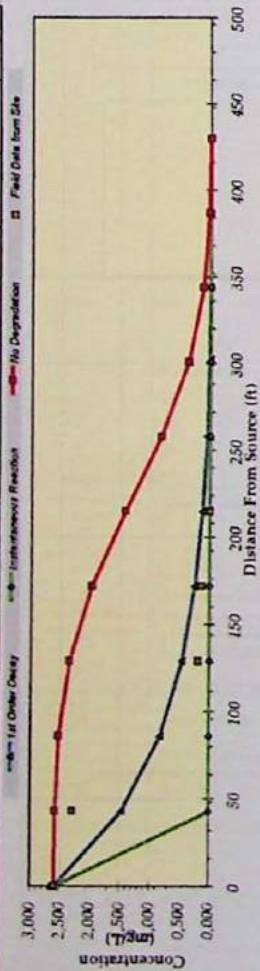
View of Plume Looking Down

Observed Centerline Concentrations at Monitoring Wells
If No Data Leave Blank or Enter "0"



DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTERLINE (mg/L at Z=0)

TYPE OF MODEL	0	43	86	129	172	215	258	301	344	387	430
No Degradation	2.600	2.599	2.598	2.597	2.596	2.595	2.594	2.593	2.592	2.591	2.590
1st Order Decay	2.600	1.465	0.824	0.456	0.246	0.124	0.056	0.021	0.006	0.001	0.000
First Reaction	2.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Field Data from Site	2.600	2.300									

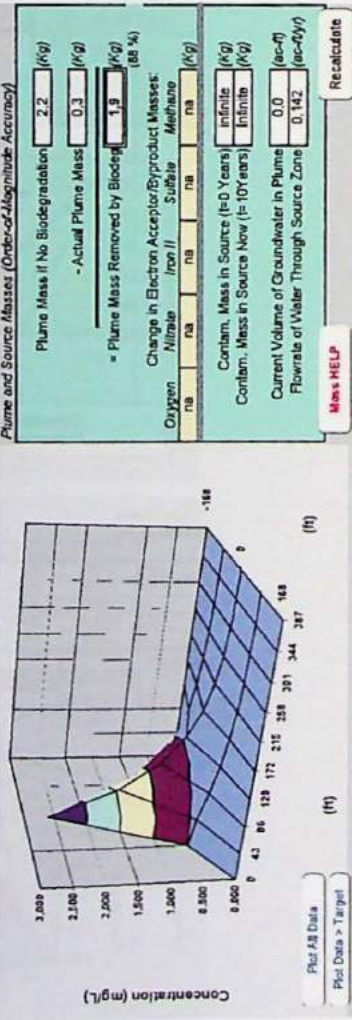


Calculate Animation Time: 10 Years Recalculate This Sheet Return to Input

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)

Transverse Distance (ft)	0	43	86	129	172	215	258	301	344	387	430
168	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
84	0.500	0.412	0.284	0.173	0.098	0.051	0.023	0.009	0.003	0.001	0.000
0	2.600	1.465	0.824	0.458	0.246	0.124	0.056	0.021	0.006	0.001	0.000
-84	0.500	0.412	0.284	0.173	0.098	0.051	0.023	0.009	0.003	0.001	0.000
-168	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

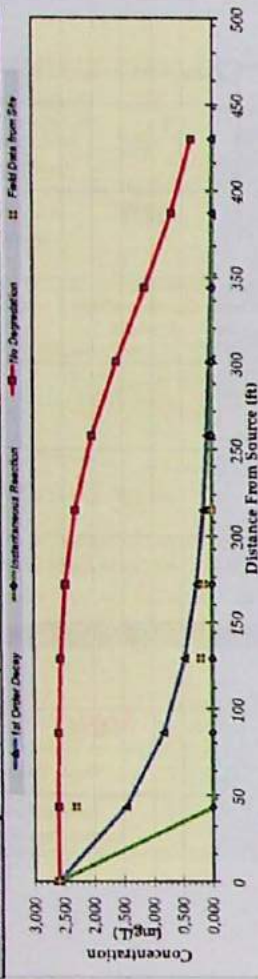
MASS FLUX (mg/day) Can't calculate mass flux when vertical dispersivity not equal to 0. Time: 10 Years Target Level: 0.005 mg/L Displayed Model: 1st Order Decay



Plot All Data Plot Data > Target Recalculate

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS ALONG PLUME CENTERLINE (mg/L at Z=0)

TYPE OF MODEL	0	43	86	129	172	215	258	301	344	387	430
No Degradation	2.600	2.599	2.598	2.597	2.596	2.595	2.594	2.593	2.592	2.591	2.590
1st Order Decay	2.600	1.465	0.825	0.452	0.257	0.142	0.077	0.041	0.021	0.010	0.004
First Reaction	2.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Field Data from Site	2.600	2.300									

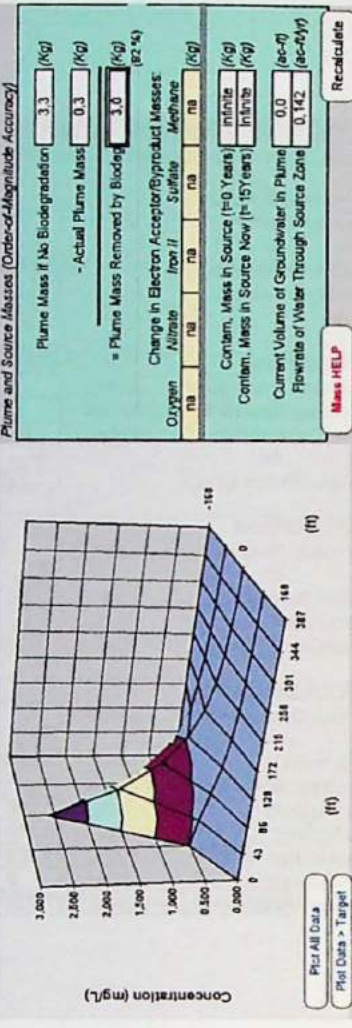


Calculate Animation Time: 15 Years Recalculate This Sheet Return to Input

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)

Transverse Distance (ft)	0	43	86	129	172	215	258	301	344	387	430
168	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
84	0.500	0.412	0.285	0.175	0.102	0.058	0.032	0.018	0.009	0.004	0.002
0	2.600	1.465	0.825	0.462	0.257	0.142	0.077	0.041	0.021	0.010	0.004
-84	0.500	0.412	0.285	0.175	0.102	0.058	0.032	0.018	0.009	0.004	0.002
-168	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

MASS FLUX (mg/day) Can't calculate mass flux when vertical dispersivity not equal to 0. Time: 15 Years Target Level: 0.005 mg/L Displayed Model: 1st Order Decay



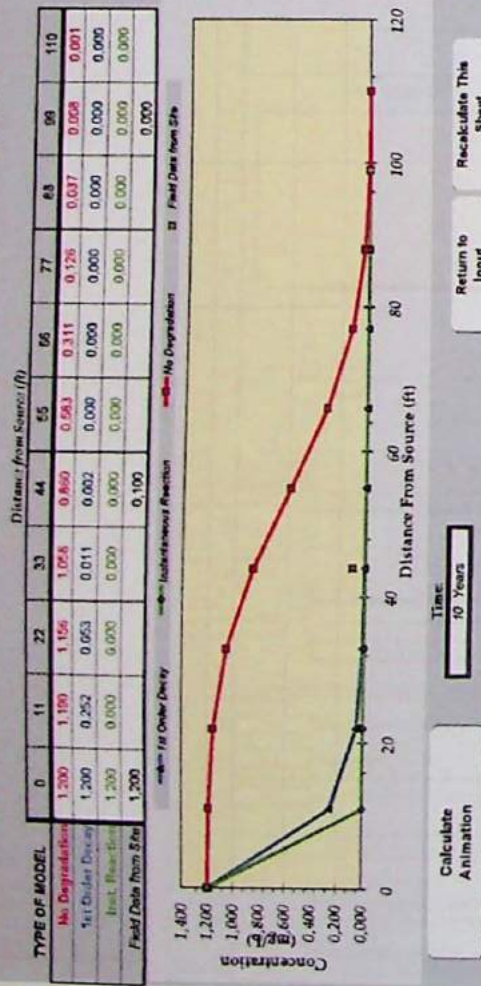
Plot All Data Plot Data > Target Recalculate

Plume and Source Masses (Order-of-Magnitude Accuracy)

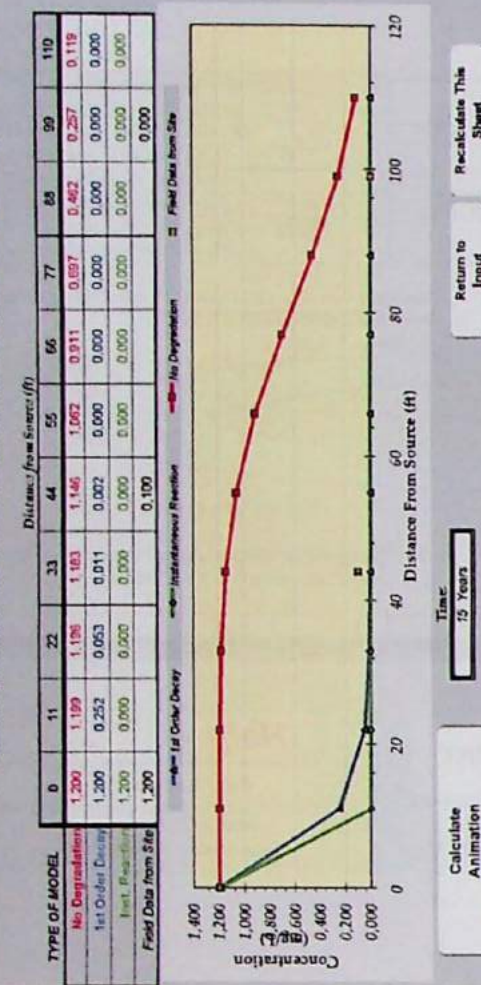
Plume Mass if No Biodegradation	3.3 (Kg)
- Actual Plume Mass	0.3 (Kg)
= Plume Mass Removed by Biotransformation	3.0 (Kg)
Change in Electron Acceptor/Product Masses (g/g)	
Oxygen	na
Nitrate	na
Iron II	na
Sulfate	na
Methane	na
Contam. Mass in Source (t=0 Years)	infinite (Kg)
Contam. Mass in Source Now (t=15 Years)	infinite (Kg)
Current Volume of Groundwater in Plume (ac-ft)	0.0
Flowrate of Water Through Source Zone (ac-ft/yr)	0.142

Mass HELP

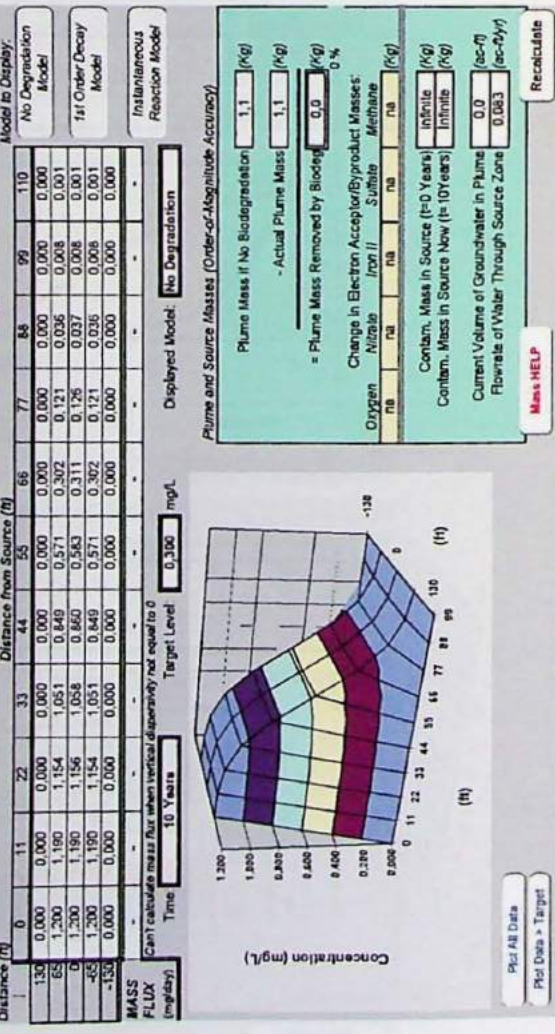
DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS ALONG PLUME CENTERLINE (mg/L at Z=0)



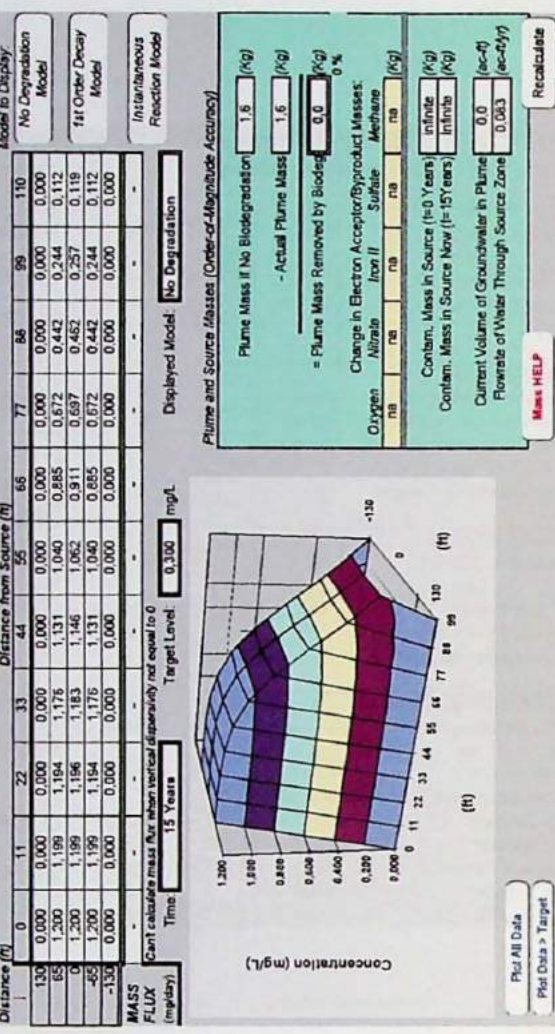
DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS ALONG PLUME CENTERLINE (mg/L at Z=0)



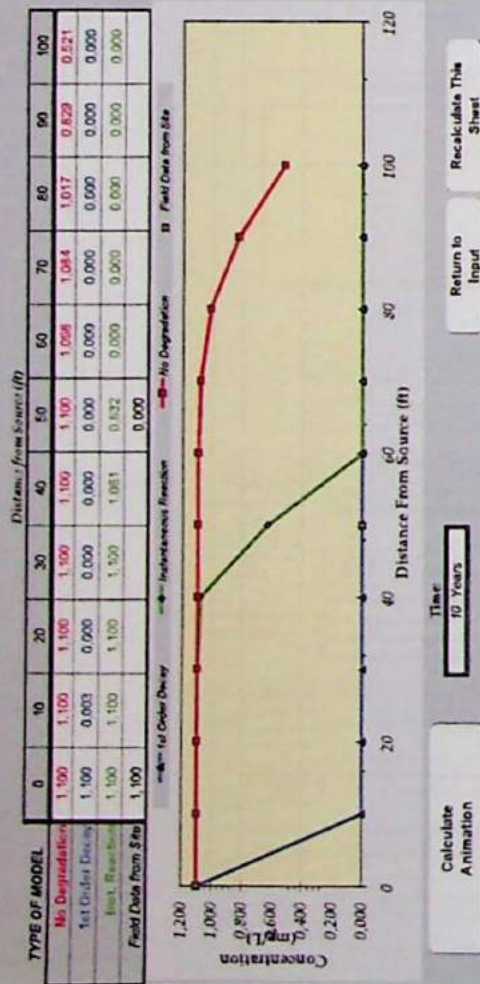
DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)



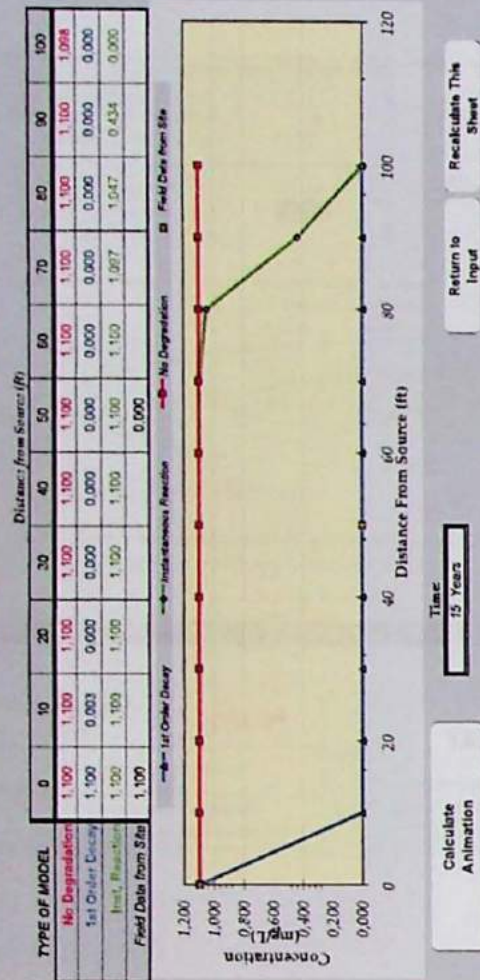
DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)



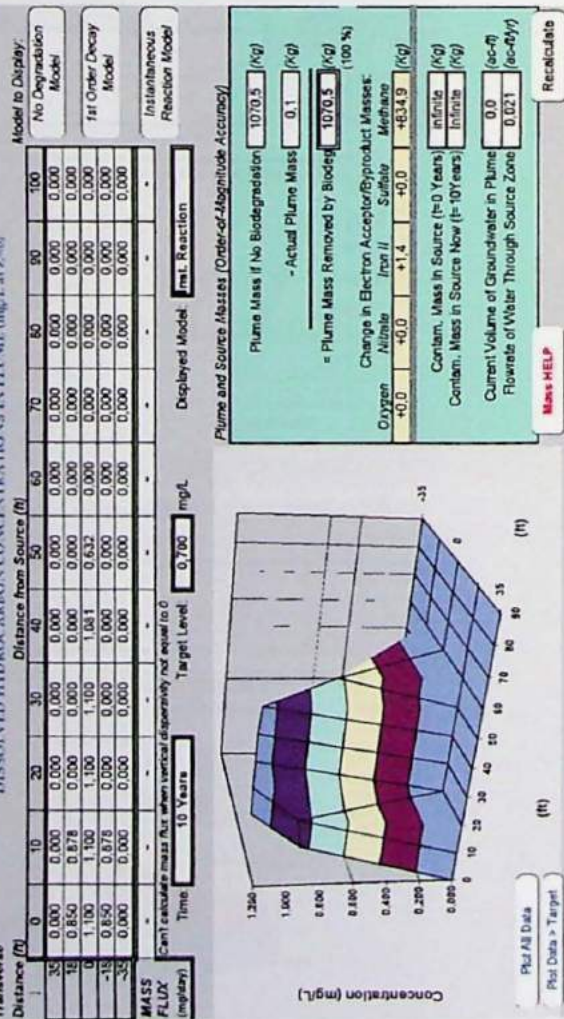
DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTRELINE (mg/L at Z=0)



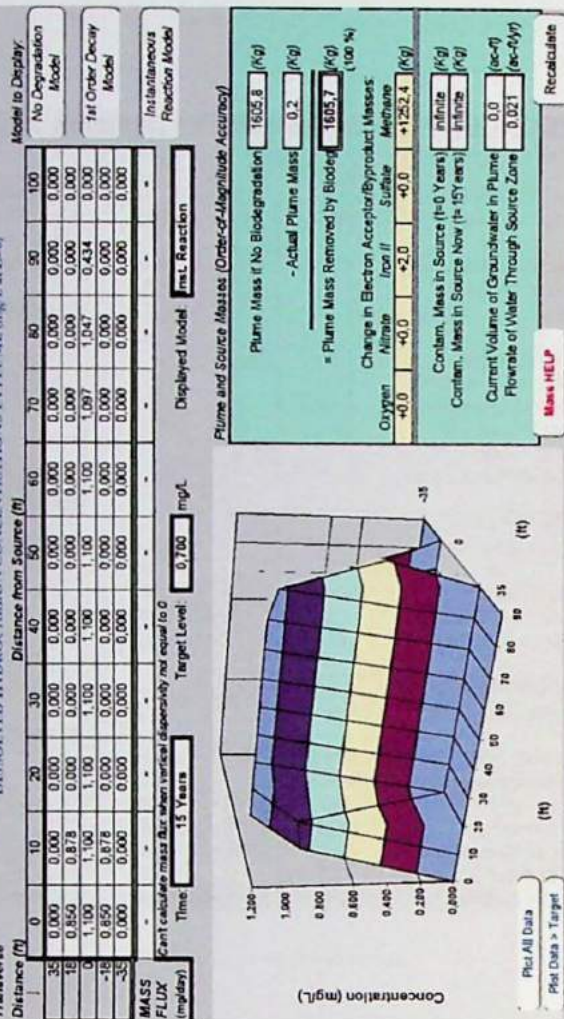
DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTRELINE (mg/L at Z=0)



DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)



DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)



DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTERLINE (mg/L at Z=0)

TYPE OF MODEL	Distance from Source (ft)										
	0	11	21	32	42	53	63	74	84	95	105
No Degradation	6,700	6,700	6,699	6,697	6,687	6,657	6,577	6,394	6,036	5,441	4,596
1st Order Decay	6,700	3,117	1,450	0,675	0,314	0,146	0,068	0,032	0,015	0,007	0,003
Inst. Reaction	6,700	6,160	3,875	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Field Data from Site	6,700					0,010					0,000



Calculate Animation

Time:

15 Years

Return to Input

Recalculate This Sheet

Transverse Distance (ft)

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)

	Distance from Source (ft)										
	0	11	21	32	42	53	63	74	84	95	105
125	0,000	0,014	0,015	0,009	0,005	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
63	6,700	3,117	1,450	0,674	0,313	0,145	0,067	0,031	0,014	0,007	0,003
0	6,700	3,117	1,450	0,675	0,314	0,146	0,068	0,032	0,015	0,007	0,003
-63	6,700	3,117	1,450	0,674	0,313	0,145	0,067	0,031	0,014	0,007	0,003
-125	0,000	0,014	0,015	0,009	0,005	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000

MASS

FLUX

(mg/day)

Can't calculate mass flux when vertical dispersivity not equal to 0

Time:

15 Years

Target Level:

0,500 mg/L

Displayed Model:

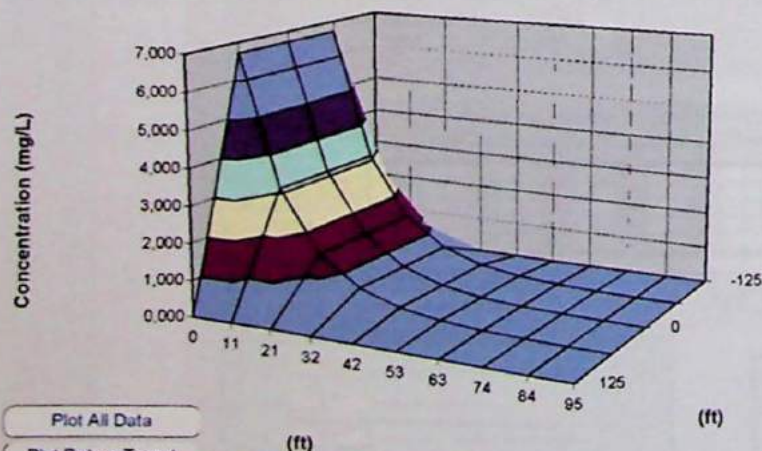
1st Order Decay

Model to Display:

No Degradation Model

1st Order Decay Model

Instantaneous Reaction Model



Plot All Data

Plot Data > Target

Plume and Source Masses (Order-of-Magnitude Accuracy)

Plume Mass if No Biodegradation 8,8 (Kg)

- Actual Plume Mass 0,2 (Kg)

= Plume Mass Removed by Biodeg 8,7 (Kg) (98 %)

Change in Electron Acceptor/Byproduct Masses:

Oxygen	Nitrate	Iron II	Sulfate	Methane
na	na	na	na	na

(Kg)

Contam. Mass in Source (t=0 Years) infinite (Kg)

Contam. Mass in Source Now (t=15Years) infinite (Kg)

Current Volume of Groundwater in Plume 0,0 (ac-ft)

Flowrate of Water Through Source Zone 0,105 (ac-ft/yr)

Mass HELP

Recalculate

BIOSCREEN Natural Attenuation Decision Support System

Air Force Center for Environmental Excellence

Version 1.4

Naftaleno

TF - 09/18

Run Name

Data Input Instructions:

115

0.02

1. Enter value directly....or
 2. Calculate by filling in grey cells below. (To restore formulas, hit button below).
- Variable* Data used directly in model.
- 20 Value calculated by model. (Don't enter any data).

1. HYDROGEOLOGY

Seepage Velocity*	Vs	57.5	(ft/yr)
or		α	
Hydraulic Conductivity	K	8.3E-05	(cm/sec)
Hydraulic Gradient	i	0.0335	(ft/ft)
Porosity	n	0.05	(-)

2. DISPERSION

Longitudinal Dispersivity*	alpha x	0.0	(ft)
Transverse Dispersivity*	alpha y	0.0	(ft)
Vertical Dispersivity*	alpha z	0.00	(ft)
or		α	
Estimated Plume Length	Lp	5	(ft)

3. ADSORPTION

Retardation Factor*	R	53.7	(-)
or		α	
Soil Bulk Density	rho	1.61	(kg/ft)
Partition Coefficient	Koc	2.00E+03	(L/kg)
Fraction Organic Carbon	foc	8.2E-4	(-)

4. BIODEGRADATION

1st Order Decay Coeff*	lambda	1.1E+0	(per yr)
or		α	
Solute Half-Life	t-half	0.63	(year)
or Instantaneous Reaction Model			
Delta Oxygen*	DO	0.00E+00	(mg/L)
Delta Nitrate*	NO3	0.00E+00	(mg/L)
Observed Ferrous Iron*	Fe2+	1.17E+00	(mg/L)
Delta Sulfate*	SO4	0	(mg/L)
Observed Methane*	CH4	7.19E+02	(mg/L)

5. GENERAL

Modeled Area Length*	102	(ft)
Modeled Area Width*	50	(ft)
Simulation Time*	5	(yr)

6. SOURCE DATA

Source Thickness in Sat.Zone*	6.564	(ft)
Source Zones:		
Width* (ft)	Conc. (mg/L)*	
6.2	0.14	
5	0.2	
150	0.242	
5	0.2	
6.2	0.14	

Vertical Plane Source: Look at Plume Cross-Section and Input Concentrations & Widths for Zones 1, 2, and 3

View of Plume Looking Down

Observed Centerline Concentrations at Monitoring Wells If No Data Leave Blank or Enter "0"

Source Half-life (see Help):

Infinite	Infinite	(yr)
Inst. React	1st Order	
Solute Mass	Infinite	(Kg)
In Source NAPL, Soil		

7. FIELD DATA FOR COMPARISON

Concentration (mg/L)	.242							.017									.003
Dist. from Source (ft)	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102						

8. CHOOSE TYPE OF OUTPUT TO SEE:

RUN CENTERLINE

RUN ARRAY

View Output

View Output

Help

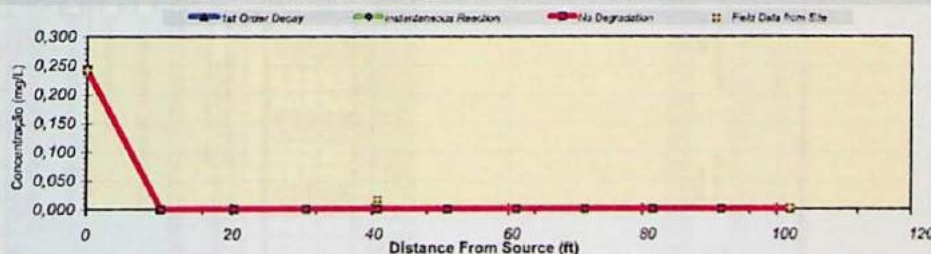
Recalculate This Sheet

Paste Example Dataset

Restore Formulas for Vs, Dispersivities, R, lambda, other

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTERLINE (mg/L at Z=0)

TYPE OF MODEL	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102
No Degradation	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1st Order Decay	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inst. Reaction	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Field Data from Site	0.242				0.017						0.003



Calculate Animation

Time: 5 Years

Return to Input

Recalculate This Sheet

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)

Transverse Distance (ft)	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102
88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-44	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

MASS FLUX (mg/day)	Can't calculate mass flux when vertical dispersivity not equal to 0										
Time	5 Years										
Target Level	0.149 mg/L										

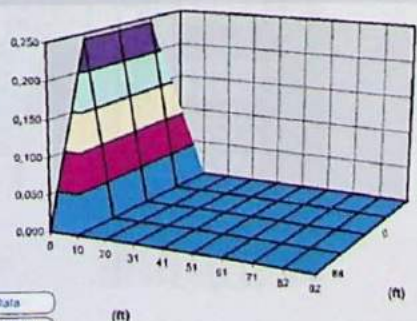
Model to Display:

No Degradation Model

1st Order Decay Model

Instantaneous Reaction Model

Displayed Model: No Degradation



Plot All Data

Plot Data > Target

Plume and Source Masses (Order-of-Magnitude Accuracy)

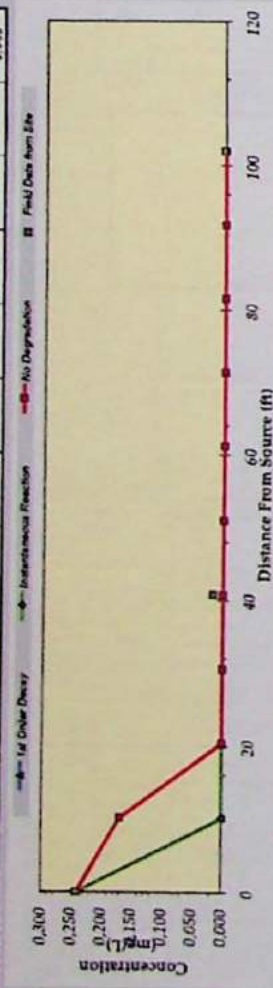
Plume Mass if No Biodegradation	0.1	(Kg)
- Actual Plume Mass	0.1	(Kg)
= Plume Mass Removed by Biodeg	0.0	(Kg)
Change in Electron Acceptor Byproduct Masses:		
Oxygen	na	(Kg)
Nitrate	na	(Kg)
Iron II	na	(Kg)
Sulfate	na	(Kg)
Methane	na	(Kg)
Contam. Mass in Source (t=0 Years)	Infinite	(Kg)
Contam. Mass in Source Now (t=5 Years)	Infinite	(Kg)
Current Volume of Groundwater in Plume	0.0	(ac-ft)
Flowrate of Water Through Source Zone	0.075	(ac-ft/yr)

Mass HELP

Recalculate

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTRELINE (mg/L at Z=0)

TYPE OF MODEL	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102
No Degradation	0.242	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1st Order Decay	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inst. Reaction	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Field Data from Site	0.242			0.017							0.003



Distance From Source (ft)

Concentration (mg/L)

Time: 10 Years

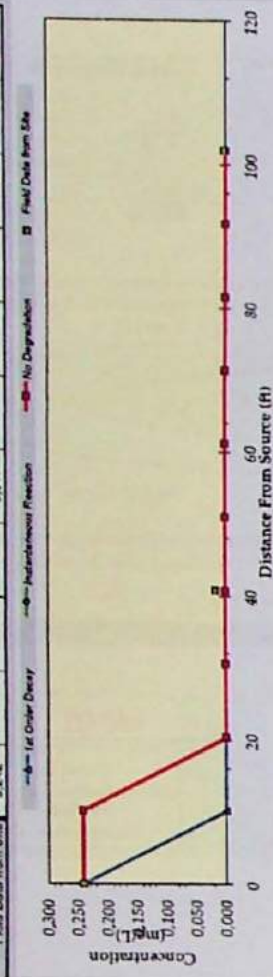
Calculate Animation

Return to Input

Recalculate This Sheet

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATION ALONG PLUME CENTRELINE (mg/L at Z=0)

TYPE OF MODEL	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102
No Degradation	0.242	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1st Order Decay	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inst. Reaction	0.242	0.241	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Field Data from Site	0.242			0.017							0.003



Distance From Source (ft)

Concentration (mg/L)

Time: 15 Years

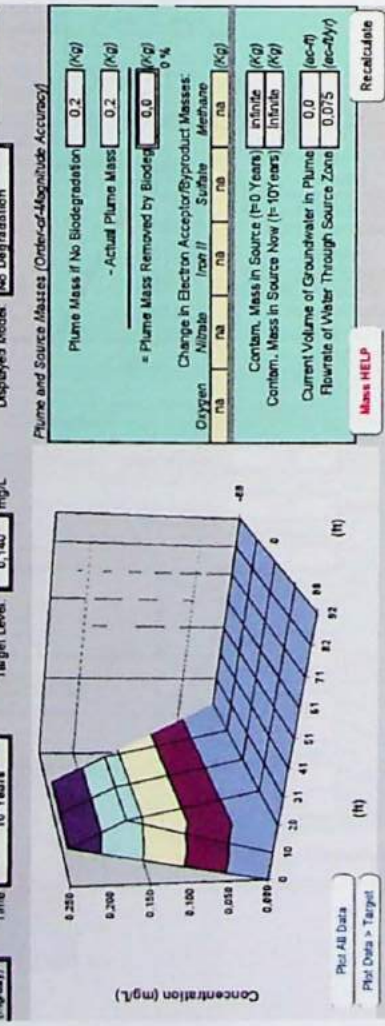
Calculate Animation

Return to Input

Recalculate This Sheet

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)

Transverse Distance (ft)	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102
88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.242	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0	0.242	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-44	0.242	0.170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Time: 10 Years

Target Level: 0.140 mg/L

Can't calculate mass flux when vertical dispersivity not equal to 0

Model to Display: No Degradation Model

Displayed Model: No Degradation

Instantaneous Reaction Model

Plume and Source Masses (Order-of-Magnitude Accuracy)

Plume Mass if No Biodegradation: 0.2 (kg)

- Actual Plume Mass: 0.2 (kg)

= Plume Mass Removed by Biodegradation: 0.0 (kg)

Change in Electron Acceptor/Product Masses:

Oxygen: na

Nitrate: na

Iron II: na

Sulfate: na

Methane: na

Contaminant Mass in Source (t=0 Years): Infinite (kg)

Contaminant Mass in Source Now (t=10 Years): Infinite (kg)

Current Volume of Groundwater in Plume (cc-ft): 0.0

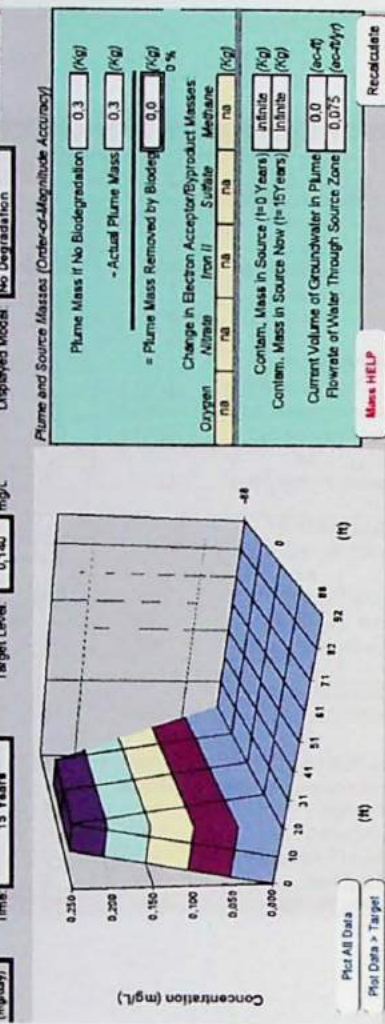
Flowrate of Water Through Source Zone (cc-d/y): 0.075

Mass HELP

Recalculate

DISSOLVED HYDROCARBON CONCENTRATIONS IN PLUME (mg/L at Z=0)

Transverse Distance (ft)	0	10	20	31	41	51	61	71	82	92	102
88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.242	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0	0.242	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-44	0.242	0.242	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Time: 15 Years

Target Level: 0.140 mg/L

Can't calculate mass flux when vertical dispersivity not equal to 0

Model to Display: No Degradation Model

Displayed Model: No Degradation

Instantaneous Reaction Model

Plume and Source Masses (Order-of-Magnitude Accuracy)

Plume Mass if No Biodegradation: 0.3 (kg)

- Actual Plume Mass: 0.3 (kg)

= Plume Mass Removed by Biodegradation: 0.0 (kg)

Change in Electron Acceptor/Product Masses:

Oxygen: na

Nitrate: na

Iron II: na

Sulfate: na

Methane: na

Contaminant Mass in Source (t=0 Years): Infinite (kg)

Contaminant Mass in Source Now (t=15 Years): Infinite (kg)

Current Volume of Groundwater in Plume (cc-ft): 0.0

Flowrate of Water Through Source Zone (cc-d/y): 0.075

Mass HELP

Recalculate

Tabela 7.12.1-1 – Resultados do ensaio piloto de remediação

Data	Local	Resultado (mg/L)		
		10/11/2011	11/11/2011	12/11/2011
12/01/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/02/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/03/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/04/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/05/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/06/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/07/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/08/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/09/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/10/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/11/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4
12/12/11	Água de chuva (10)	1,5	1,2	1,0
	Água de chuva (20)	1,2	1,0	0,8
	Água de chuva (30)	1,0	0,8	0,6
	Água de chuva (40)	0,8	0,6	0,4

Anexo V – Ensaio Piloto de Remediação

Tabela 7.12.1.1 – Resultados do ensaio piloto de remediação

Hora	Dados	Poço (Distância do PB-01)		
		PO-01 (3,0 m)	PO-02 (5,0 m)	PO-03 (7,0 m)
13:45:00	Nível de água (m)	4,62	4,7	4,98
	Nível de produto (m)	4,18	4,25	4,47
	Espessura de produto (m)	0,44	0,45	0,51
	Concentração de VOC (ppmV)	80	120	960
	Vácuo (mmH ₂ O)	0	0	0
14:30:00	Nível de água (m)	4,98	4,92	4,95
	Nível de produto (m)	4,53	4,47	4,53
	Espessura de produto (m)	0,45	0,45	0,42
	Concentração de VOC (ppmV)	0	0	0
	Vácuo (mmH ₂ O)	12	6	3
15:00:00	Nível de água (m)	4,98	4,93	4,95
	Nível de produto (m)	4,54	4,47	4,56
	Espessura de produto (m)	0,44	0,46	0,39
	Concentração de VOC (ppmV)	0	0	0
	Vácuo (mmH ₂ O)	10	6	3
15:30:00	Nível de água (m)	5	4,95	4,95
	Nível de produto (m)	4,54	4,48	4,56
	Espessura de produto (m)	0,46	0,47	0,39
	Concentração de VOC (ppmV)	0	0	0
	Vácuo (mmH ₂ O)	13	6	3
16:00:00	Nível de água (m)	5	4,95	4,96
	Nível de produto (m)	4,54	4,48	4,57
	Espessura de produto (m)	0,46	0,47	0,39
	Concentração de VOC (ppmV)	0	0	0
	Vácuo (mmH ₂ O)	13	6	3
16:30:00	Nível de água (m)	5	4,95	4,96
	Nível de produto (m)	4,55	4,48	4,57
	Espessura de produto (m)	0,45	0,47	0,39
	Concentração de VOC (ppmV)	0	0	0
	Vácuo (mmH ₂ O)	13	6	3
17:00:00	Nível de água (m)	5	4,95	4,95
	Nível de produto (m)	4,55	4,48	4,57
	Espessura de produto (m)	0,45	0,47	0,38
	Concentração de VOC (ppmV)	0	0	0
	Vácuo (mmH ₂ O)	13	6	3

Gráfico 7.12.2.1 – Variação do vácuo em função da distância

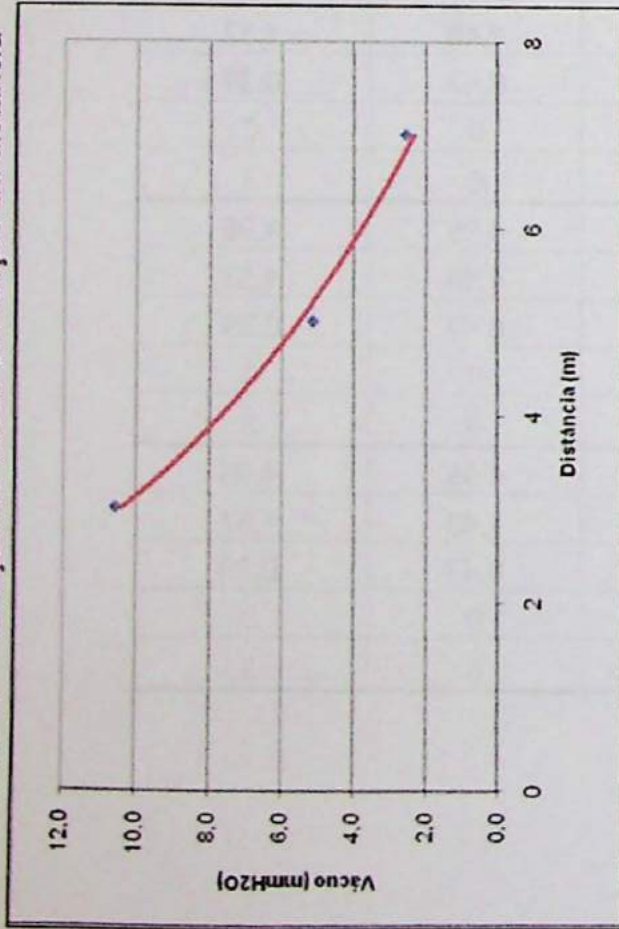


Gráfico 7.12.2.1 – Variação do vácuo em função da distância

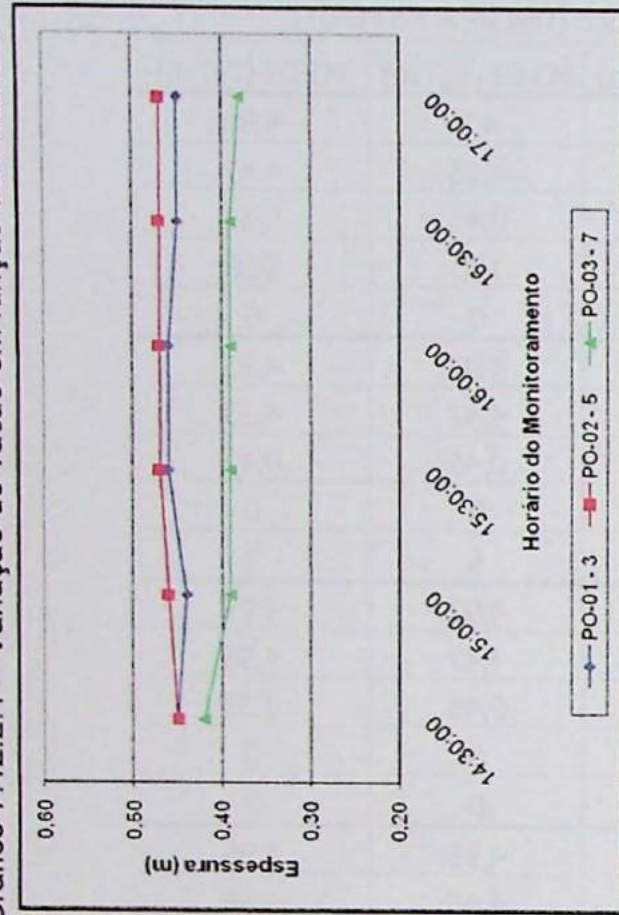


Gráfico 7.12.2.3 – Variação do nível d'água

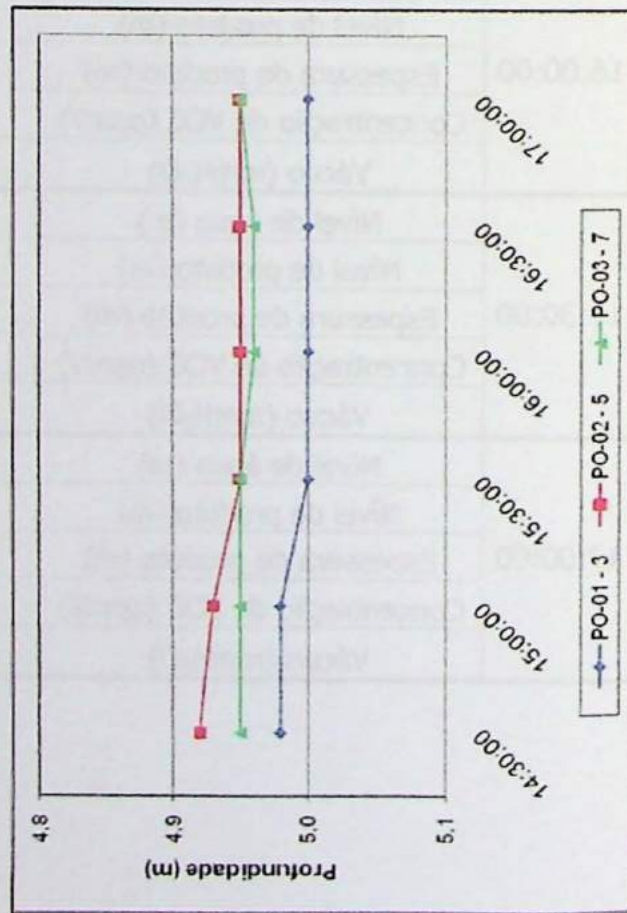
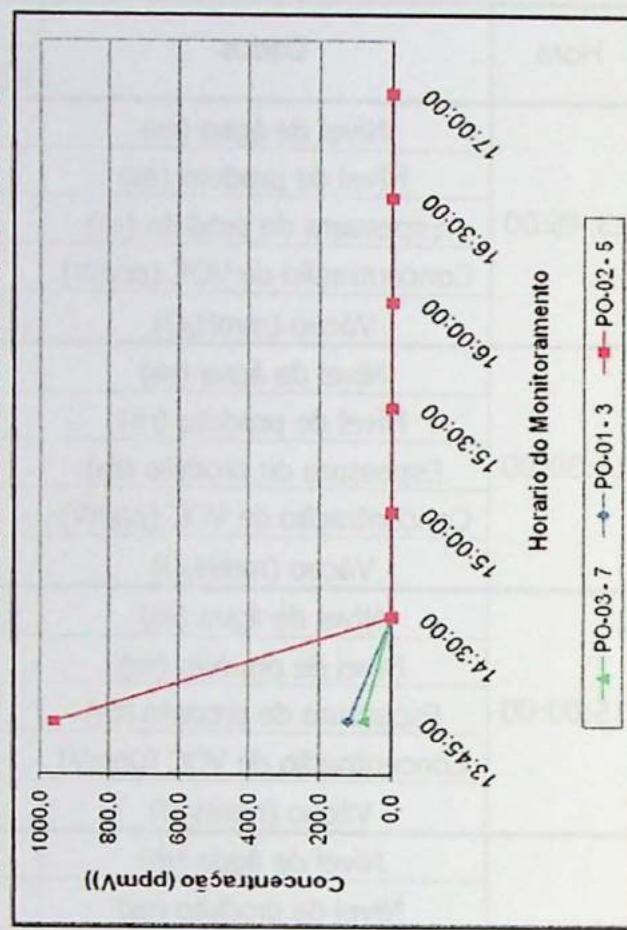


Gráfico 7.12.2.4 – Variação das concentrações de VOC



Anexo VI – Histórico dos monitoramentos

Monitoramento	Status	Dados	PB-01	PB-02	PB-03	PB-04	PB-05	PB-06	PB-07	PB-08	PB-09	PB-10	PB-11	PB-12
Inicial Junho	sem sistema	Nível de Água (m)	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
		Nível de Fase Livre (m)	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
		Espessura Aparente (m)	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#
1 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	4,30	4,17	4,34	4,12	4,42	4,40	4,28	7,38	6,68	7,42	7,59	7,27
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	4,09	4,07	4,32	4,07	4,34	4,21	4,11	7,28	7,08	n.m.	7,47	7,03
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-
3 Setembro	Ligado	Nível de Água (m)	4,24	4,08	4,39	4,06	4,34	4,19	4,34	7,41	7,08	n.m.	7,59	7,22
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-
4 Setembro	Desligado	Nível de Água (m)	n.m.	4,14	4,31	4,09	4,38	4,25	4,26	7,08	7,12	7,40	7,23	6,95
		Nível de Fase Livre (m)	n.m.	-	4,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	n.m.	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Monitoramento	Status	Dados	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07	PM-08	PM-09	PM-10	PM-11	PM-12
Inicial Junho	sem sistema	Nível de Água (m)	7,25	6,17	7,46	5,93	5,81	6,76	7,14	n.m.	6,22	5,58	5,27	7,73
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
1 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	7,29	6,19	7,56	5,96	5,84	6,89	7,28	n.m.	6,25	5,61	5,30	7,78
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
2 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	7,19	6,13	7,49	5,90	5,79	6,79	7,10	7,41	6,18	5,55	5,27	7,68
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Setembro	Ligado	Nível de Água (m)	7,18	7,08	7,48	5,90	5,81	6,81	7,14	7,41	6,17	5,51	5,29	9,01
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Setembro	Desligado	Nível de Água (m)	7,24	6,18	7,51	5,94	5,81	6,83	7,15	n.m.	6,23	5,61	5,29	7,72
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-

(-) = fase livre não detectada

n.m. = poço não monitorado

(#) = poço instalado após a data de monitoramento

Monitoramento	Status	Dados	PM-13	PM-14	PM-15	PM-16	PM-17	PM-18 /PO-03	PM-19	PM-20	PM-21	PM-22	PM-23	PM-24
Inicial Junho	sem sistema	Nível de Água (m)	7,28	7,1	n.m.	7,1	4,2	4,52	4,48	4,34	4,36	4,44	4,48	7,12
		Nível de Fase Livre (m)	-	7,09	n.m.	-	-	4,28	4,39	-	-	-	-	7,11
		Espessura Aparente (m)	-	0,01	n.m.	-	-	0,24	0,09	-	-	-	-	0,01
1 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	7,31	7,15	5,33	7,10	4,24	4,64	4,53	4,38	4,41	4,50	4,44	7,14
		Nível de Fase Livre (m)	-	7,14	-	-	-	4,62	4,33	-	-	4,34	4,39	7,12
		Espessura Aparente (m)	-	0,01	-	-	-	0,02	0,20	-	-	0,16	0,05	0,02
2 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	7,23	7,04	5,32	7,01	4,17	4,64	4,28	4,30	4,34	4,32	4,32	7,05
		Nível de Fase Livre (m)	-	7,03	-	-	-	4,57	4,28	-	-	4,29	4,32	7,01
		Espessura Aparente (m)	-	0,01	-	-	-	0,07	0,00	-	-	0,03	0,00	0,04
3 Setembro	Ligado	Nível de Água (m)	7,27	7,04	5,15	6,98	4,19	4,65	4,33	4,30	4,34	4,35	4,47	7,15
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	4,58	4,30	-	-	4,30	4,30	7,04
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	0,07	0,03	-	-	0,05	0,17	0,11
4 Setembro	Desligado	Nível de Água (m)	7,79	7,08	5,38	7,06	4,23	4,74	4,38	4,37	4,38	4,33	4,44	n.m.
		Nível de Fase Livre (m)	-	7,07	-	-	-	4,61	4,29	-	-	4,31	4,33	n.m.
		Espessura Aparente (m)	-	0,01	-	-	-	0,13	0,09	-	-	0,02	0,11	n.m.

Monitoramento	Status	Dados	PM-25	PM-26	PM-27	PM-28	PM-29	PM-30	PM-31	PM-32	PM-33	PM-34	PM-35	PM-36
Inicial Junho	sem sistema	Nível de Água (m)	4,32	6,75	7	7,24	6,62	4,53	2,87	2,82	4,37	4,38	4,34	6,8
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	6,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	n.m.	6,73	6,9	7,19	6,59	4,57	2,89	n.m.	4,4	4,39	4,36	13,4
		Nível de Fase Livre (m)	n.m.	-	6,81	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	n.m.	-	0,09	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
2 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	4,28	6,66	6,87	7,16	6,58	4,5	1,85	n.m.	4,38	4,31	4,35	7,47
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	-	-
3 Setembro	Ligado	Nível de Água (m)	4,27	6,66	6,85	7,08	6,57	4,43	2,83	2,71	4,4	4,33	4,31	6,75
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	6,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Setembro	Desligado	Nível de Água (m)	4,36	6,72	6,94	7,2	6,63	n.m.	2,91	n.m.	4,59	4,39	4,34	6,79
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	6,73	-	-	n.m.	-	n.m.	-	-	-	-
		Espessura Aparente (m)	-	-	0,21	-	-	n.m.	-	n.m.	-	-	-	-

(-) = fase livre não detectada

n.m. = poço não monitorado

(#) = poço instalado após a data de monitoramento

Monitoramento	Status	Dados	PM-37	PM-38	PM-39	PM-40	PM-41	PM-42	PM-43	PMN-03	PMN-19	PMN-23	PO-01	PO-02
Inicial Junho	sem sistema	Nível de Água (m)	8,99	n.m.	#	#	#	#	#	7,42	4,31	4,35	4,42	4,54
		Nível de Fase Livre (m)	-	n.m.	#	#	#	#	#	-	-	-	4,27	4,26
		Espessura Aparente (m)	-	n.m.	#	#	#	#	#	-	-	-	0,15	0,28
1 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	7,12	6,57	#	#	#	#	#	7,62	4,37	5,13	4,38	4,84
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	#	#	#	#	#	-	-	-	4,35	4,51
		Espessura Aparente (m)	-	-	#	#	#	#	#	-	-	-	0,03	0,33
2 Agosto	Ligado	Nível de Água (m)	7,13	6,48	#	#	#	#	#	7,42	4,29	5,14	4,34	4,47
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	#	#	#	#	#	-	-	-	4,26	4,47
		Espessura Aparente (m)	-	-	#	#	#	#	#	-	-	-	0,08	0,00
3 Setembro	Ligado	Nível de Água (m)	7,08	6,50	4,96	5,28	5,90	5,47	7,01	n.m.	4,30	5,14	4,23	4,47
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	4,18	4,46
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	0,05	0,01
4 Setembro	Desligado	Nível de Água (m)	7,65	6,54	5,05	5,34	5,99	5,55	7,45	n.m.	4,32	5,20	4,37	4,50
		Nível de Fase Livre (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	4,29	4,48
		Espessura Aparente (m)	-	-	-	-	-	-	-	n.m.	-	-	0,08	0,02

(-) = fase livre não detectada

n.m. = poço não monitorado

(#) = poço instalado após a data de monitoramento

Anexo VII – Dados da Remediação			
Item	Descrição	Valor	Unidade
1	Remediação de 100 m² de área contaminada	100	m²
2	Remediação de 200 m³ de solo contaminado	200	m³
3	Remediação de 500 m³ de água contaminada	500	m³
4	Remediação de 1000 m³ de água contaminada	1000	m³
5	Remediação de 2000 m³ de água contaminada	2000	m³
6	Remediação de 5000 m³ de água contaminada	5000	m³
7	Remediação de 10000 m³ de água contaminada	10000	m³
8	Remediação de 20000 m³ de água contaminada	20000	m³
9	Remediação de 50000 m³ de água contaminada	50000	m³
10	Remediação de 100000 m³ de água contaminada	100000	m³

Anexo VII – Dados da Remediação

7.12.3.1 Tabela de área e volume do contaminante

Resultados		Unidade	Pluma Inicial	Acompanhamento
			Junho	Setembro
Área Estimada		m ²	758,34	335,2
Volume de Solo Contaminado	Aparente	m ³	65,49	9,65
	Corrigida		18,47	2,72
Volume de Produto no Solo*	Aparente	L	13.098,40	1.930,00
	Corrigida		3.694,40	544,00
Volume de Produto Passível de Recuperação**	Aparente	L	3.274,60	482,50
	Corrigida		923,60	136,00
Massa de Produto no Solo***	Aparente	Kg	10.216,75	1.505,40
	Corrigida		2.881,63	424,32
Massa de Produto Passível de Recuperação***	Aparente	Kg	2.554,19	376,35
	Corrigida		720,41	106,08

*considerando porosidade total de: 20 %
 **considerando porosidade efetiva de: 5 %
 ***considerando densidade de produto de: 780 kg/m³

7.12.4.1 Resultados das análises químicas para o sistema de tratamento de água.

Data da coleta	Setembro/2009		Decreto 8468/76
Ponto Amostrado	Entrada do Tratamento de Água	Saída do tratamento de água	
PAH (µg/L)			
Naftaleno	3742,90	59,90	-
Acenaftileno	N.D.	N.D.	-
Acenafteno	N.D.	N.D.	-
Fluoreno	N.D.	N.D.	-
Fenantreno	92,00	1,02	-
Antraceno	N.D.	N.D.	-
Fluoranteno	N.D.	N.D.	-
Pireno	N.D.	N.D.	-
Benzo(a)antraceno	N.D.	N.D.	-
Criseno	N.D.	N.D.	-
Benzo(b)fluoramento	N.D.	N.D.	-
Benzo(k)fluoranteno	N.D.	N.D.	-
Benzo(a)pireno	N.D.	N.D.	-
Indeno(123-cd)pireno	N.D.	N.D.	-
Dibenzo(a,h)antraceno	N.D.	N.D.	-
Benzo(ghi)perileno	N.D.	N.D.	-
BTEX (µg/L)			
Benzeno	209,7	9,77	-
Tolueno	2992,8	18,40	-
Etilbenzeno	1076,8	16,20	-
Xilenos	8880,2	105,10	-
Etanol (µg/L)			
Etanol	52992,90	N.D.	-
ÓLEOS E GRAXAS (mg/L)			
Óleos e graxas	6,00	N.D.	150 ⁽¹⁾
SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mL/L)			
Sólidos sedimentáveis	0,20	1,00	20 ⁽¹⁾
pH			
pH	7,00	7,00	6,00 - 10,00 ⁽¹⁾
Temperatura (°C)			
Temperatura	24,00	23,00	< 40 ⁽¹⁾

N.D.: não detectado

(1) Decreto nº 8468, Artigo 19A (lançamento de efluentes em redes coletoras de esgoto)

DOAÇÃO
<i>IGC-USP</i>
Data: <i>05 / 02 / 10</i>

