

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

APLICABILIDADE DE METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS
CONTAMINADAS, PARA DESENVOLVIMENTO CONTÍNUO DE MODELOS
CONCEITUAIS, COM BASE NO CONCEITO DE RISCO

Lucas Gonçalves

Orientadora: Profº. Dr. Joel Barbujani Sígolo
Co-orientador: Geól. Martim Afonso de Souza

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2010/29)

SÃO PAULO
2010

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2010/29)



APLICABILIDADE DE METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE ÁREAS
CONTAMINADAS, PARA DESENVOLVIMENTO CONTÍNUO DE MODELOS
CONCEITUAIS, COM BASE NO CONCEITO DE RISCO

De acordo

Aluno: Lucas Gonçalves Lucas Gonçalves

Orientador: Profº Dr. Joel Barbujani Sígolo Joel Sígolo

Co-orientador: Geól. Martim Afonso de Souza

DEDALUS - Acervo - IGC



30900028425

SÃO PAULO

2010

TF
G635
L.a



Aos meus pais, Sebastião e Solange, aos meus irmãos, Felipe e Thiago e ao amor da minha vida, Letícia.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Sebastião e Solange, pois tudo que sou hoje devo a eles e sem eles eu nem estaria neste mundo. Sempre me amaram, me educaram, me orientaram e me apoiaram. Melhor pai e mãe do que eles são e foram é impossível. Eu os amo muito.

Agradeço muito também aos meus irmãos, Felipe e Thiago, que sempre estiveram e, tenho certeza, estarão ao meu lado para o que der e vier. Eu os amo muito.

A todos os meus parentes, tios, tias, avós, avôs, primos e primas, que também contribuíram muito para quem sou hoje.

Aos meus grandes amigos de Campinas que fazem parte da minha história e trajetória: Guizão, Marão, Simão, Dieguinho, Betão, Cassinho, Danilinho, João Marcelo, João Ricardo, Paco, Bunda, Marquinho e à todos os outros que não caberiam nesta folha.

Em especial, ao meu grande amigo Yuri, que me apoiou muito neste TF, opinando e explicando tudo que eu tinha dúvida. É um grande amigo e o que ele fez por mim jamais será esquecido.

Aos meus grandes amigos da Geologia, que me ajudaram muito e tornaram meus anos acadêmicos muito prazerosos. São eles: Sol, Sal, Porra, Pré, Gonzo, Pesca, Réb, Fura, Jarbas, Xona, Pamona, Pimpolho, Placenta, Saravá, Michelan, Maminha, Fefo, Pentelho, Gogoboy, Tonhon, Tsé, Sem Sal, Caramello, Lester, Boi e a todos os outros amigos que tive o prazer e o privilégio de conhecer, mas que também não caberiam nesta folha.

Ao professor Joel Barbujani Sígolo, por ter aceitado me orientar neste Trabalho de Formatura (TF).

A GEOKLOCK Consultoria e Engenharia Ambiental Ltda., por disponibilizar um de seus projetos para a realização deste TF. Em especial ao apoio, ajuda e incentivo de meu chefe, e co-orientador deste TF, Martim e a toda equipe da qual faço parte.

A Universidade de São Paulo e ao Instituto de Geociências, que me abrigou nestes últimos anos e a todos os professores e funcionários que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram na minha formação acadêmica.

A Deus, pois tenho certeza que Ele me deu diversas ajudas ao longo de toda minha vida e, certamente, continuará ao meu lado.

A todos que de uma forma ou de outra fizeram parte da minha vida.

E por fim, a Letícia, o amor da minha vida, que a 8 anos está ao meu lado, sempre me apoiando em tudo, inclusive na realização deste TF, com opiniões, correções e paciência comigo, e em quem sempre penso. Eu a amo muito.

Muito obrigado a todos!

Resumo

Este trabalho utilizou um projeto de diagnóstico ambiental, para a elaboração de um modelo conceitual de áreas contaminadas, utilizando ferramentas de investigações hidrogeológicas, hidrogeoquímicas e de avaliação de risco. A abordagem visa demonstrar a evolução contínua do modelo inicial, a partir da coleta de dados, em sucessivas etapas de levantamento de campo, objetivando o detalhamento das informações.

O modelo conceitual é um relato escrito ou uma representação gráfica do empreendimento investigado, do meio físico e dos processos físicos, químicos e biológicos que determinam o transporte de contaminantes das fontes através dos meios que compõe este sistema, até os potenciais receptores dentro desse sistema (CETESB, 2007).

O objetivo deste trabalho é, a partir da análise do modelo elaborado, a definição de estratégias de ações futuras.

Assim, foram utilizados trabalhos realizados por diversas empresas, além dos trabalhos, de fase confirmatória, conduzidos pela GEOKLOCK, como descrição de sondagens, coleta de amostras de solo e água, instalação de poços de monitoramento, ensaios hidrogeológicos, estudos geofísicos e avaliação de risco.

Com isso, os principais resultados obtidos foram o detalhamento da rede de fluxo local, evolução das interpretações dos compostos de interesse ambiental, interpretações geoquímicas, avaliação de risco e recomendações para ações futuras.

Para o solo os contaminantes que apresentaram risco foram o cromo hexavalente e o vanádio para as vias de ingestão e contato dérmico, já para a água subterrânea a via que apresentou risco foi a de inalação de vapores em ambiente fechado para o composto TPH, isto porque foi utilizado um modelo matemático para estimativa da concentração no local.

Com isso as principais recomendações foram a realização de uma campanha de detalhamento a fim de mapear os limites das plumas, tanto no solo quanto na água, para se corroborar a avaliação de risco e o modelo conceitual definido.

Abstract

This work based the developed conceptual model on an environmental diagnostic project that utilized hydrogeological and hydrochemical investigation technics and risk assessment. This approach is utilized to demonstrate the continuum evolution of the initial conceptual model with the new data provided by successive field works with the objective of details the informations.

The conceptual model is a written description or a graphic representation of the investigated site, the physical media and the physical, chemical and biological process that determinate the contaminant transport from the sources through the environmental media to the potential receptors inside this system.

The objective of this work is the definition of the strategies to future actions from the analysis of the developed conceptual model.

Therefore, it was utilized the data provided from the paperworks of many companies and the confirmatory phase works developed by GEOKLOCK, such as drill logging, sampling of soil and groundwater, wells installation, hydrogeological tests, geophysics and risk assessment.

Thus, the main results were the detail of the groundwater flow net, the evolution of the interpretations of the target compounds, geochemical interpretations, risk assessment and recommendations for future actions.

The contaminants that presented risk were the hexavalent chrome and vanadium through ingestion and dermic contact pathways on soil. For the groundwater, TPH presented risk of inhalation in closed environments, that because the concentration were estimated with a mathematical model.

Therefore, the main recommendations of this work were the need of a detailing campaign to map the boundaries of the plumes, on the soil and on the groundwater, in order to corroborate the risk assessment and the elaborated conceptual model.

Sumário

1. Introdução	1
2. Objetivos	2
3. Localização da Área	2
4. Revisão Bibliográfica	3
4.1. Histórico de Uso e Ocupação da Área	3
4.2. Histórico de Serviços Ambientais	4
4.3. Aspectos Hidrográficos Regionais	4
4.4. Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos Regionais	5
4.5. Procedimentos para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas	7
4.6. Procedimentos para o Desenvolvimento de Modelo Conceitual Teórico	18
4.7. Padrões de Referência Utilizados	22
5. Desenvolvimento das Atividades	23
6. Materiais e Métodos	25
6.1. Levantamento Geofísico	25
6.2. Sondagens	26
6.3. Coleta de Amostras de Solo	27
6.4. Coleta de Amostras Geotécnicas	28
6.5. Instalação de Poços de Monitoramento (PMs)	28
6.6. Coleta de Amostras de Água Subterrânea	30
6.7. Ensaios Hidrogeológicos	31
6.8. Topografia	32
6.9. Análises Laboratoriais	32
6.10. Avaliação de Risco	32
7. Resultados Obtidos e Discussão	35
7.1. Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos Locais	35
7.2. Análises Laboratoriais	37
7.2.1. Análises Laboratoriais de Solo	37
7.2.2. Análises Laboratoriais de Água	38
7.3. Modelos Conceituais da Área Avaliada	39
7.3.1. Modelo Conceitual Preliminar	40
7.3.2. Modelo Conceitual Confirmatório	42
8. Interpretações e Discussões dos Resultados	47
9. Conclusões	49
10. Referências Bibliográficas	52

Anexos

Anexo I – FIGURAS E GRÁFICOS DE ESTABILIDADE (pH – Eh)

Anexo II – TABELAS

1. Introdução

Este Trabalho de Formatura (TF) utilizou um projeto de diagnóstico ambiental, para a elaboração de modelos conceituais de áreas contaminadas, utilizando ferramentas de investigações hidrogeológicas, hidrogeoquímicas e de avaliação de risco. A abordagem visa demonstrar a evolução contínua do modelo inicial, a partir da coleta inicial de dados, em sucessivas etapas de levantamento de campo, objetivando o detalhamento das informações.

Um modelo conceitual de área contaminada é um documento que sintetiza todas as interpretações das etapas de trabalho em uma área, de forma a se entender desde a origem da contaminação, até as possíveis medidas mitigatórias. Desta forma o modelo discorre sobre o histórico de ocupação da área, com foco nas atividades possivelmente poluidoras definindo-se, assim, possíveis áreas fonte e quais contaminantes devem ser avaliados. Outro ponto importante é a avaliação da migração deste composto, tanto no solo quanto na água e no ar, as possíveis rotas de exposição e quais receptores podem sofrer os efeitos de exposição aos compostos identificados. Com isso, permite-se a adoção de medidas de intervenção a fim de preservar os bens a se proteger, tanto humanos como animais e receptores físicos (rios, água subterrânea, lago).

Logo, o modelo conceitual é fundamental para embasar a continuidade das etapas ou investigações seguintes e para justificar as ações desenvolvidas até o momento. (CETESB, 2007).

A etapa de avaliação confirmatória foi o objeto deste trabalho, tendo como objetivo central a elaboração de um modelo conceitual confirmatório e sua análise crítica frente a comparações com o modelo preliminar, além de recomendações de ações futuras.

A empresa responsável pela investigação supracitada é a GEOKLOCK Consultoria e Engenharia Ambiental, doravante denominada GEOKLOCK, onde o aluno, autor deste TF, realiza estágio supervisionado, desde setembro de 2009. A proposta de pesquisa deste TF teve o subsídio e o apoio desta empresa e os resultados obtidos foram utilizados nos trabalhos desenvolvidos pela mesma.

Como este TF fez uso de um projeto de diagnóstico ambiental da empresa GEOKLOCK, por se tratar de um cliente da mesma e visando preservar as relações comerciais existentes, bem como questões éticas e acordos de confidencialidade, o nome do cliente e o exato local da área contaminada não foram divulgados neste TF. Assim como, a área foi descaracterizada, impedindo a sua identificação, e os nomes de outras empresas envolvidas no projeto foram alterados.

O fato deste projeto ser fundamentado em um problema profissional real, do ramo da Geologia Ambiental (ramo profissional da Geologia em ascensão, devido ao aumento de leis ambientais e a maior fiscalização dos órgãos governamentais) e ser o Geólogo o responsável pela sua solução, tornam este projeto plenamente justificável para um Trabalho

de Formatura, que nada mais é do que todo conhecimento adquirido pelo estudante, aplicado em um projeto, visando seu treinamento e aprimoramento. Além disso, este TF trabalhou com a concepção de modelos conceituais de áreas contaminadas, um tema ainda pouco discutido e trabalhado no curso de Geologia da Universidade de São Paulo, mas de extrema importância, pois, como dito anteriormente, está ligado ao ramo da Geologia Ambiental, que oferece muitas oportunidades de emprego e é muito importante e atuante no contexto de sustentabilidade que hoje é imposta pela sociedade global.

2. Objetivos

Este TF possui dois objetivos:

O primeiro é a elaboração de um modelo conceitual da área avaliada utilizando as ferramentas de investigações hidrogeológicas, hidrogeoquímicas e de avaliação de risco. Para a confecção dos modelos conceituais foram adotados os procedimentos da norma ASTM E 1689 – 95 *Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites* (Guia para Desenvolvimento de Modelos Conceituais de Áreas Contaminadas) e para obtenção dos dados foram adotadas as referências da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) de 2001 e 2007 ("Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas" e "Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas", respectivamente).

O segundo objetivo é a comparação entre os modelos conceituais gerados, a avaliação crítica dos mesmos e recomendações de ações futuras para a área em questão.

3. Localização da Área

Por se tratar de um cliente da GEOKLOCK e visando preservar as relações comerciais existentes, bem como questões éticas e acordos de confidencialidade, a localização exata da área não será divulgada.

Entretanto, podemos citar que a área estudada e avaliada situa-se no estado de São Paulo, mais precisamente na porção sudeste da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (de acordo com a **Figura 3.1.** a seguir), tratando-se então de uma área urbanizada, com postos de combustíveis, empresas e indústrias diversas, além de intensa ocupação humana, que também é um importante fator poluidor.

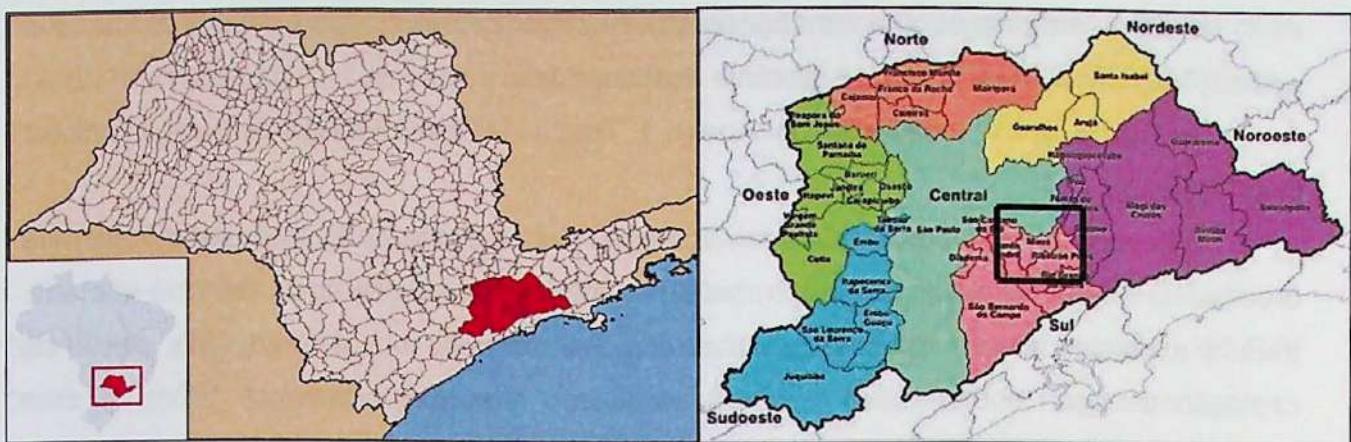


Figura 3.1. Localização aproximada da área contaminada a ser avaliada e estudada, destacada pelo quadrado preto. Fonte: <http://sosriosdobrasil.blogspot.com> (Acessado em: 01/03/2010)

4. Revisão Bibliográfica

No período de fevereiro a março de 2010 foi realizado um levantamento bibliográfico acerca do histórico de uso e ocupação e de serviços ambientais realizados anteriormente e dos aspectos hidrográficos, geológicos e hidrogeológicos regionais da área a ser avaliada, assim como os procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas e para o desenvolvimento de modelos conceituais das mesmas e uma revisão dos padrões de referência utilizados. São apresentados a seguir.

4.1. Histórico de Uso e Ocupação da Área

A área de estudo possui 6,5 ha e situa-se na porção sudeste da Região Metropolitana de São Paulo, tratando-se então de uma área urbanizada, com postos de combustíveis, empresas e indústrias diversas, além de ocupação humana.

Na área ocorre como atividade o manuseio de hidrocarbonetos e seus derivados, que são ali estocados e também carregados em caminhões tanque e seu funcionamento data da década de 50. No local já ocorreram vazamentos de produtos e o piso está em mau estado de conservação, apresentando trincas e rachaduras. A área possui pavimentação nas principais instalações, porém, alguns locais estão parcialmente pavimentados por concreto antigo e parte por gramíneas. Outra parte da área apresenta apenas cobertura vegetal.

No local há um prédio administrativo e um de operações, caracterizados por edificações fechadas, onde há funcionários trabalhando somente em casos de manutenção.

No entorno da área, o uso do solo é predominantemente industrial, caracterizado da seguinte forma:

- Norte – presença de um rio e outras unidades industriais;
- Sul – prédios administrativos;
- Leste – terreno desocupado e com vegetação. A cerca de 300 m a oeste do limite da área, sob investigação, localiza-se uma área industrial;

- Oeste – área construída com presença de edificações fechadas e de uso industrial e edificações construídas, porém atualmente desocupadas.

A Figura 4.1.1, localizada no Anexo I, ilustra a área investigada e as principais instalações do local.

A concessionária local é quem fornece água para o abastecimento da área, mas para o consumo humano é utilizada água mineral envasada. No local a água do rio é captada, tratada e destinada para processos industriais. Ao norte do rio, existem dois poços de captação de água subterrânea: o PC-01, localizado a aproximadamente 160m da área investigada e o PC-02, que está a uma distância de cerca de 1km da área. Ambos os poços de captação estão desativados atualmente. Portanto, considera-se que não há ingestão de água subterrânea por parte dos funcionários presentes na área.

4.2. Histórico de Serviços Ambientais

Na área em estudo já foram realizadas duas investigações ambientais, a primeira, em novembro do ano de 2006, por uma empresa denominada de Empresa A, e a segunda, no período entre novembro de 2006 e janeiro de 2007, por outra empresa denominada de Empresa B.

A Empresa A elaborou o relatório de FASE I, embasada em visita técnica e interpretação aerofotográfica. A Empresa B realizou a investigação FASE II, no qual foram realizados métodos diretos (sondagens) e indiretos (*Ground Penetrating Radar – GPR* e Sondagem Elétrica Vertical Multieletrodos – SEVME) de investigação de subsuperfície.

Uma Avaliação de Risco foi elaborada por uma terceira empresa, denominada de Empresa C, sob a coordenação da Empresa B.

Devido à baixa densidade de informações coletadas e à ausência de investigação direta na porção central da área, houve a necessidade de um maior detalhamento da área investigada.

Com base nos resultados dessas investigações e em visitas técnicas de uma equipe da GEOKLOCK (da qual o aluno, autor deste TF, fez parte) à área, foram elaborados o Modelo Conceitual Preliminar da área (apresentado mais adiante, no item 7.3.1. desta Monografia) e os serviços técnicos propostos para esta investigação ambiental, baseado no modelo.

4.3. Aspectos Hidrográficos Regionais

Segundo o Núcleo União Pró-Tietê (2006), a área de avaliação e estudo encontra-se na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, que corresponde à área drenada pelo Rio Tietê, desde sua nascente em Salesópolis, até a Barragem de Rasgão, nas proximidades de Pirapora do Bom Jesus. Tal bacia é considerada uma das mais complexas do país, em relação à gestão ambiental, principalmente por causa das profundas alterações causadas aos seus rios, por

diversas obras hidráulicas, e pelo modelo de urbanização adotado. Também é possível citar que a área ocupa duas sub-bacias que compõem a Bacia do Alto Tietê: Sub-bacia Billings-Tamanduateí e Sub-bacia Penha-Pinheiros.

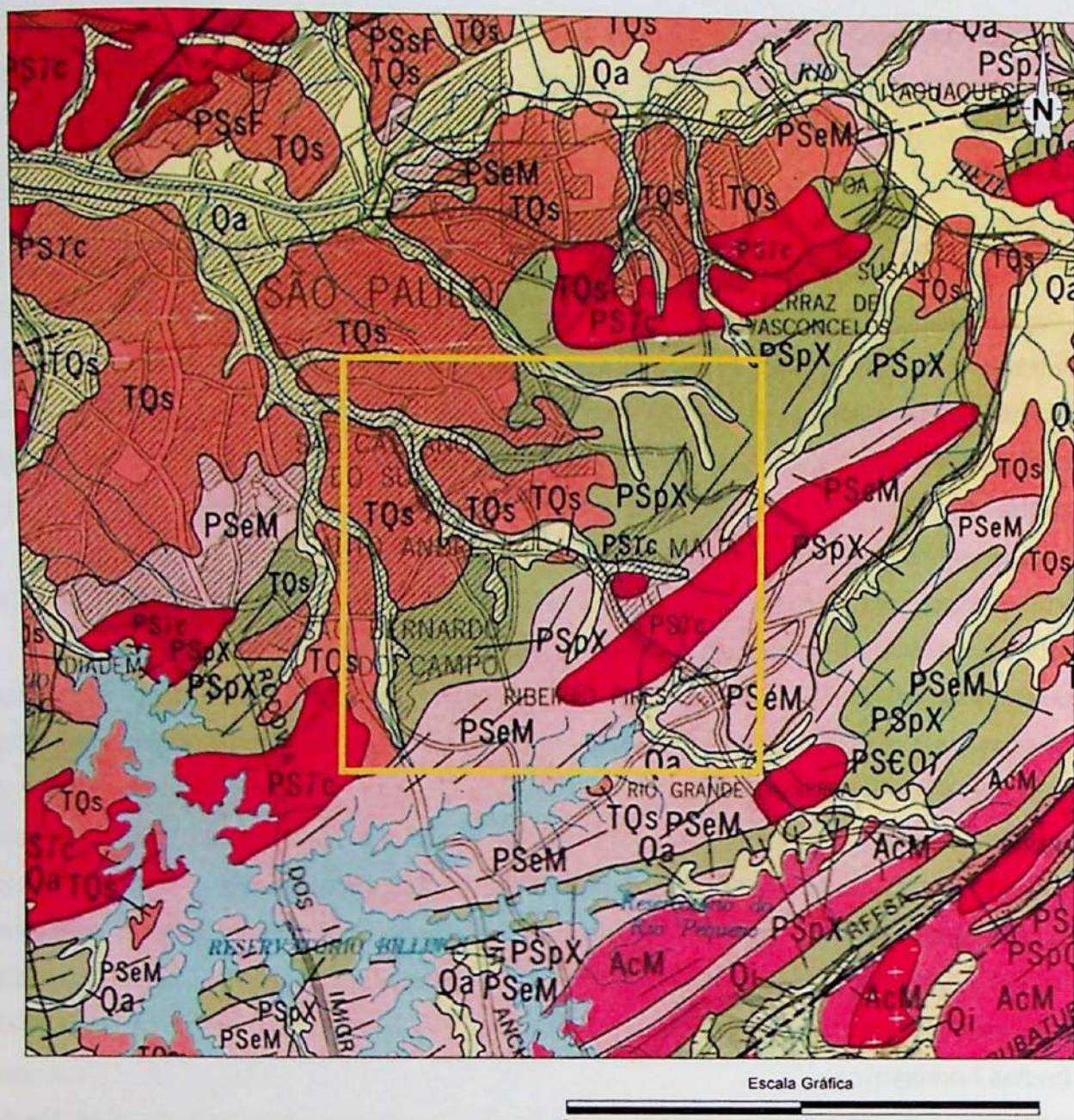
4.4. Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos Regionais

De acordo com o consenso adotado pelo Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE, 2005), a área de trabalho localiza-se sobre o embasamento do Rift Continental do Sudeste do Brasil, que é uma feição tectônica de idade cenozóica. Morfológicamente constitui uma faixa deprimida e alongada de direção geral ENE, com extensão aproximada de 900 km, abrangendo mais de uma dezena de bacias sedimentares (Santanna & Riccomini, 2001). O embasamento do Rift é constituído por gnaisses, migmatitos e rochas metamórficas de baixo a médio grau, de idade arqueana a neoproterozóica, referíveis ao Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui *et al.* 1975), e suítes de rochas granítoides intrusivas, de idade neoproterozóica (Janasi & Ulbrich, 1991).

A formação da depressão original do Rift Continental foi condicionada por um campo de esforços trativos, de direção NNW-SSE, imposto pelo basculamento termomecânico da Bacia de Santos, como decorrência da abertura do Oceano Atlântico (Riccomini, 1989). O preenchimento sedimentar sintectônico é representado por sistemas de leques aluviais, associados a planícies aluviais de rios entrelaçados, que recebem designações diversas: Formação Resende, nas bacias de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda (Riccomini, 1989); Formação Guabirotuba, na Bacia de Curitiba (Bigarella & Salamuni, 1962, Coimbra *et al.* 1996); e formações Sete Barras (Melo, 1990) e Macacu (Ferrari & Silva, 1997) nas bacias homônimas.

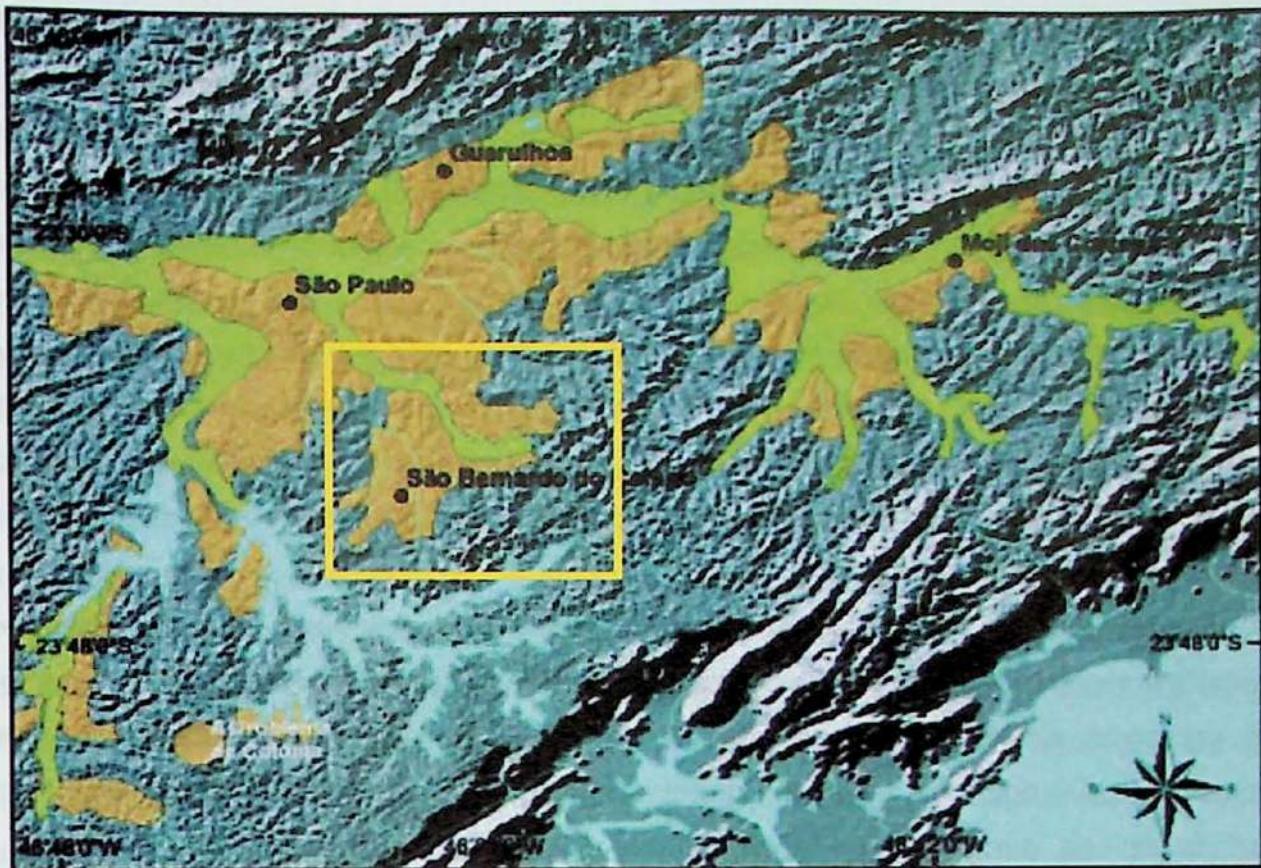
Na região do estudo ocorrem sedimentos Cenozóicos da Bacia de São Paulo, pertencentes à Formação Resende (Grupo Taubaté). A Formação Resende representa um sistema de leques aluviais, associado à sedimentação fluvial de rios entrelaçados. As fácies proximais são compostas por conglomerados interdigitados com arenitos e lamitos arenosos, oriundos de corridas de lama. Nas porções distais predominam os sedimentos formados em ambiente de planície aluvial, que correspondem a arenitos intercalados com lamitos (Riccomini, 1989).

Os mapas geológico e hidrogeológico regionais da área podem ser observados, respectivamente, nas **Figuras 4.4.1. e 4.4.2.** a seguir.



PSeM	PROTEROZOICO SUPERIOR Suites Graniticas Sintectonicas.
TQs	TERCIARIO Facies Migmatitica.
AcM	CENOZOICO Formação São Paulo.
PSpC	ARQUEANO Complexo Costeiro.
PSpX	EOPALEOZOICO Suites Graniticas Indiferenciadas.
Qa	CENOZOICO Sedimentos Aluvionares.
PSpX	PROTEROZOICO SUPERIOR Complexo Pilar.
Qi	CENOZOICO Sedimentos Continentais Indiferenciados.
PSpC	PROTEROZOICO SUPERIOR Complexo Pilar.

Figura 4.4.1. Mapa Geológico destacando no quadrado amarelo a região em que a área contaminada encontra-se inserida. Fonte: Mapa Geológico de Estado de São Paulo – Escala 1:500.000 – IPT, 1981.



LEGENDA

- Cidade
- Curso d'água
- Reservatório
- Sedimentos Terciários
- Sedimentos Quaternários
- Embasamento Cristalino
(Modelo de elevação
do terreno)

0 10 20 km



Localização do Aquífero São Paulo no Estado

Figura 4.4.2. Mapa/destacando no quadrado amarelo a região em que a área contaminada encontra-se inserida.

Fonte: Geologia e delimitação do aquífero com base no mapa geológico do estado de São Paulo – CPRM/SGB (PERROTA et al. 2005)

4.5. Procedimentos para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas

Para obtenção de informações para realização da investigação ambiental, foi adotada a referência da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) de 2007 ("Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas"). Tal referência é um documento que apresenta uma revisão dos procedimentos adotados pela CETESB e é exigido dos responsáveis por áreas contaminadas para o gerenciamento de passivos ambientais. É embasado na metodologia de gerenciamento contida no "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas" de 2001, sendo, portanto, a referência mais atual.

Neste documento são descritos as etapas, que devem ser realizadas sequencialmente, seus objetivos, suas metodologias e os respectivos responsáveis pelas suas realizações. Ele ainda aperfeiçoa o gerenciamento da área contaminada, pois reduz as etapas que antes necessitavam de aprovação prévia da CETESB e define o risco aceitável para exposição humana a substâncias cancerígenas e o quociente de risco para substâncias não cancerígenas.

Com o objetivo de aperfeiçoar e orientar melhor, esta referência está dividida em duas partes, a primeira apresentando o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas aplicável a todas atividades contaminadoras, exceto as atividades relacionados a vazamentos em postos e sistemas retalhistas de combustíveis, que é apresentada na segunda parte.

O procedimento a ser realizado em áreas potencialmente contaminadas está esquematicamente representado pelo fluxograma apresentado na **Figura 4.5.1. (Anexo I)**. Ele é composto por dois processos, o de identificação e o de reabilitação de áreas contaminadas. O primeiro objetiva definir a existência e a localização das áreas contaminadas sob investigação e é constituído por quatro etapas: definição da região de interesse, identificação de áreas com potencial de contaminação, avaliação preliminar e investigação confirmatória. O segundo objetiva possibilitar a adoção de medidas corretivas para se atingir as metas estabelecidas para um uso preestabelecido e é constituído por seis etapas: investigação detalhada, avaliação de risco, concepção da remediação, projeto de remediação, remediação e monitoramento. Neste procedimento são previstas etapas de priorização e para realizá-las leva-se em conta as características da fonte de poluição, as das vias de transporte dos contaminantes e as dos receptores a serem protegidos.

Todas as informações obtidas devem ser cadastradas para uso futuro da CETESB.

Nesta referência, os responsáveis pelos procedimentos são o “Responsável Legal”, o responsável direta ou indiretamente pelo contaminante, e o “Responsável Técnico”, profissional que elabora e apresenta laudos, estudos e as outras atividades relacionadas.

A seguir é apresentado o procedimento sequencial que deve ser realizado em áreas potencialmente contaminadas, não relacionados a vazamentos em postos e sistemas retalhistas de combustíveis.

1. Definição a Área de Interesse:

Atribuição da CETESB e é quando são estabelecidos os limites da região investigada e definidos os objetivos do gerenciamento.

2. Identificação das Áreas com Potencial de Contaminação (APC):

Atribuição da CETESB na região de interesse, utilizando-se de informações contidas no Sistema de Fontes de Poluição (SIPOL).

3. Priorização 1:

Visa selecionar as APC identificadas que devem ser gerenciadas. A CETESB indica as APC prioritárias aplicando os seguintes critérios de priorização:

- APC indicadas como fontes prioritárias pela CETESB;
- APC cuja atividade foi considerada como fonte prioritária pela CETESB;
- APC localizadas em região onde ocorreu ou está ocorrendo mudança de uso do solo;
- APC localizadas em região com evidências de contaminação regional de água subterrânea; e
- APC cuja atividade foi considerada prioritária para o licenciamento renovável pela CETESB.

4. Avaliação Preliminar:

Objetiva constatar evidências de existência de contaminação na área avaliada mediante levantamento de informações disponíveis sobre o uso passado e atual da área, realizando levantamento da documentação disponível sobre a área, levantamento de dados disponíveis nos documentos obtidos sobre o histórico de ocupação da área, levantamento aerofotogramétrico temporal, levantamento de informações coletadas em inspeções de reconhecimento, levantamento de informações coletadas em entrevistas com funcionários e moradores do entorno, preenchimento da "Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas", apresentada na seção 5101 do "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas" e desenvolvida para organizar a obtenção e o registro de dados e permitir a utilização do sistema que orienta a classificação da área; e elaboração do modelo conceitual preliminar da área.

Com base nas constatações da avaliação preliminar, a área pode ser classificada como área suspeita de contaminação, permanecer ou deixar de ser classificada como área com potencial de contaminação, sendo, neste último caso, excluída do cadastro.

5. Priorização 2:

Objetiva priorizar as Áreas Suspeitas de Contaminação identificadas na etapa de avaliação preliminar.

6. Investigação Confirmatória:

Objetiva confirmar a existência ou não de contaminação nas áreas suspeitas ou com potencial de contaminação nas áreas prioritárias. Sua realização é constituída pela coleta de dados, estabelecimento de plano de investigação, coleta e análise química de amostras e interpretação dos resultados.

Deve ser planejada com base no modelo conceitual preliminar, definido na etapa de Avaliação Preliminar. As amostragens devem ser realizadas em pontos estratégicos, definidos com base no plano de investigação, ou seja, em pontos associados a fontes potenciais ou onde foi detectada suspeita de contaminação na etapa de avaliação preliminar.

As amostras coletadas são analisadas e devem ser comparadas aos valores de referência adotados. Caso as concentrações observadas sejam superiores a estes valores, a área é classificada como Área Contaminada sob Investigação, inicia-se a investigação detalhada e a avaliação de risco e ela é incluída no cadastro de áreas contaminadas. A área também recebe tal classificação caso seja constatada a presença de produtos contaminantes ou de substâncias, condições ou situações que possam representar perigo, de acordo com parâmetros da CETESB.

Se constatada a existência de perigo, deve-se comunicar a mesma, o Corpo de Bombeiros e a Defesa Civil e adotar prontamente as medidas emergenciais cabíveis para sua eliminação. Observando-se a existência de contaminante em fase livre, deve-se implantar e operar sistema de recuperação do mesmo, juntamente com a realização das demais etapas do processo de reabilitação de áreas contaminadas.

Em situações em que o uso da área se altere para uma atividade sem potencial de contaminação, esta pode ser classificada com Área com Potencial de Contaminação não pertencendo mais às áreas contaminadas.

7. Investigação Detalhada:

Objetiva definir os limites da contaminação, determinar as concentrações das substâncias ou contaminantes de interesse e caracterizar o meio físico da área. É constituída pela coleta e avaliação de dados existentes, estabelecimento de plano de investigação, realização de investigação e interpretação dos resultados, sendo o plano de investigação estabelecido com base no modelo conceitual definido na etapa de investigação confirmatória.

Na quantificação da contaminação devem ser avaliadas, detalhadamente, as características da fonte de contaminação, determinando-se as dimensões das áreas ou volumes afetados, os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações, a geologia e a hidrogeologia local e o uso e ocupação do solo. Também devem ser definidas as características das plumas de contaminação (limites, sentido e taxa de propagação).

Devem ser realizados o levantamento e o georreferenciamento dos imóveis atingidos pela contaminação e de todos os poços localizados na área de interesse, assim como uma modelagem da expansão da pluma de contaminação dissolvida ao longo de 5 e 10 anos e mapas das plumas de contaminação em fase dissolvida para os contaminantes selecionados, considerando a situação no momento da investigação e a prevista pela modelagem.

Por fim, deve ser elaborado um novo modelo conceitual para a área e registrada as incertezas remanescentes, discutindo a aceitabilidade das mesmas para a etapa seguinte.

8. Avaliação e Gerenciamento de Risco:

Objetiva determinar a existência de risco à saúde da população exposta aos contaminantes acima do nível de risco estabelecido como aceitável. Utilizada para definir a

necessidade de implementação de medidas de intervenção em uma área contaminada e para estabelecer as metas de remediação a serem atingidas, visando sua reabilitação para o uso declarado.

A quantificação do risco à saúde humana e a fixação de metas para remediação podem ser realizadas empregando-se as planilhas para avaliação de risco para áreas contaminadas sob investigação, que se baseiam em equações que permitem o cálculo do risco decorrente da exposição às concentrações das substâncias de interesse, determinadas nos pontos de exposição, bem como o cálculo das concentrações das metas de remediação. No caso da não utilização destas planilhas, os motivos devem ser apresentados e os resultados serão avaliados pela CETESB.

Os dados toxicológicos e os dados relativos às características físico-químicas dos diferentes contaminantes devem ser obtidos nas listas estabelecidas pela CETESB.

O relatório de avaliação de risco deve conter a descrição sucinta da metodologia empregada, os cenários de exposição considerados (com as devidas justificativas para sua adoção), os dados referentes aos parâmetros que puderam ser determinados, os resultados obtidos, uma conclusão clara e objetiva acerca da existência de risco acima dos níveis considerados aceitáveis para o caso, a definição das metas de remediação a serem atingidas e uma análise das incertezas associadas à avaliação de risco realizada. Também deve conter um novo modelo conceitual, que representará uma síntese do conhecimento adquirido sobre a área, uma proposta de gerenciamento do risco, indicando as intervenções necessárias e um mapa do risco da área contaminada, onde serão indicados e delimitados os locais onde foi verificado cada tipo de risco acima do nível aceitável.

Para a elaboração das propostas de intervenção ou gerenciamento do risco, deve ser considerado que, quando não for caracterizada situação de perigo e não for verificada situação de risco, a área inicialmente classificada como Área Contaminada sob Investigação passa a ser classificada como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação. Com isso, é exigido o monitoramento para encerramento, para verificar se as concentrações das substâncias de interesse se mantêm abaixo das metas de remediação definidas. Após isso, caso as concentrações das substâncias de interesse se mantenham abaixo das metas de remediação, a área é classificada como Área Reabilitada para Uso Declarado, encerrando-se o processo de reabilitação. Entretanto, caso ocorram concentrações acima das metas de remediação, a área é classificada como Área Contaminada e devem ser implantadas medidas de intervenção. Em áreas consideradas críticas, deve-se aguardar a aprovação do relatório de avaliação de risco para implantação das medidas de intervenção propostas.

Em situação de perigo, em que vida ou patrimônio estejam ameaçados, ações emergenciais devem ser executadas, tais como: isolamento da área (proibição de acesso à área), ventilação de espaços confinados, monitoramento do índice de explosividade, monitoramento ambiental, remoção de materiais (produtos, resíduos, etc.), fechamento de

poços de abastecimento, interdição de edificações, proibição de escavações, proibição de consumo de alimentos e contenção do avanço das plumas de contaminação.

As técnicas de remediação devem ser implementadas quando existir risco à saúde, necessidade de proteção de receptores ecológicos ou quando ocorrerem situações de perigo. São classificadas de acordo com seu objetivo, podendo ser técnicas para tratamento (descontaminação), técnicas para contenção (isolamento) ou técnicas para ambos objetivos, ou seja, aplicadas em conjunto. Para escolher deve-se considerar as metas de remediação a serem atingidas (de acordo com a avaliação de risco) e os padrões legais aplicáveis (padrões de potabilidade, de qualidade da água de corpos superficiais, de lançamento de efluentes em corpos d'água, de qualidade do ar e de emissão para a atmosfera). Havendo mais de um uso do solo sob a influência da fonte primária ou da fonte secundária de contaminação, a meta de remediação deve levar em conta o cenário de uso do solo mais sensível.

As medidas de controle institucional são implementadas quando existir a necessidade de impedir ou reduzir a exposição de um determinado receptor aos contaminantes presentes. Suas principais medidas são: restrição ao uso do solo, restrição ao uso de água subterrânea, restrição ao uso de água superficial, restrição ao consumo de alimentos e restrição ao uso de edificações.

As medidas de controle de engenharia compreendem a adoção de técnicas utilizadas no setor da construção civil, aplicadas na interrupção da exposição dos receptores aos contaminantes presentes, como por exemplo, a impermeabilização da superfície do solo, evitando o contato de receptores com o meio contaminado.

Para a verificação do cumprimento das metas de remediação, são alocados pontos de monitoramento, situados junto aos receptores potencialmente expostos aos contaminantes e são fixadas concentrações máximas.

Com a implantação das medidas de intervenção propostas, a fonte primária de contaminação deve ser removida, a fim de agilizar o processo de reabilitação de áreas contaminadas.

Deve-se preferir a aplicação de técnicas de remediação por tratamento (descontaminação), reduzindo a massa dos contaminantes para viabilizar o uso, atual e futuro, da área, no menor tempo possível.

Ocorrendo exposição da população aos contaminantes, deve-se adotar medidas necessárias e informar a CETESB, que informará os órgãos de saúde responsáveis, para que as ações de competência dessas entidades sejam implementadas.

9. Concepção do Sistema de Remediação:

Objetiva selecionar as alternativas técnicas de remediação mais apropriadas para um determinado caso, considerando o que foi determinado na avaliação de risco com seu modelo conceitual.

Devem-se identificar as técnicas de remediação, levando em consideração as características dos contaminantes, do meio físico e do uso e ocupação do solo. Para isso, ensaios de campo ou em laboratório devem ser realizados.

10. Projeto de Remediação:

Objetiva mostrar as medidas de remediação a serem implantadas, devendo conter o memorial técnico e descritivo, os resultados de ensaios piloto eventualmente realizados para seu dimensionamento, as plantas e seções, a memória de cálculos, o cronograma de implantação e de operação do sistema e os programas de monitoramento e de segurança dos trabalhadores e da vizinhança.

Para a execução desta etapa são consideradas as metas de remediação definidas na etapa de avaliação de risco, as informações obtidas nas etapas de investigação detalhada e concepção do sistema de remediação.

11. Remediação:

Nesta etapa deve ser implantado e operado o sistema de remediação.

Nos casos de áreas contaminadas críticas, o sistema de remediação só pode ser implantado e operado após a aprovação dos relatórios anteriores.

Atingidas as metas de remediação, deve-se comunicar a data de desativação do sistema de remediação e a data do início do monitoramento para encerramento e a área é classificada como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação.

12. Monitoramento:

Relatórios de monitoramento da eficácia e eficiência devem ser apresentados semestralmente. A forma e frequência desta etapa devem ser definidas e implantadas conforme a complexidade do caso, podendo ser exigido eventuais complementações ou alterações do projeto, com base nos dados apresentados em relatórios.

O monitoramento para encerramento deve ser realizado semestralmente, coincidente com os períodos de maior (março e abril) e menor (setembro e outubro) elevação do nível d'água subterrânea, em quatro campanhas de amostragem e análise, para avaliar a manutenção das concentrações de contaminantes abaixo das metas de remediação definidas. Em seguida, se comprovada a manutenção das concentrações das substâncias abaixo de tais metas, deve ser apresentado o relatório de monitoramento para encerramento conclusivo, contendo o histórico das concentrações de contaminantes em cada ponto monitorado. Por fim, havendo a manutenção das condições, a área passa a ser classificada como Área Reabilitada para Uso Declarado, encerrando-se o processo de reabilitação.

Caso os resultados não demonstrem a manutenção das concentrações de contaminantes inferiores aos valores meta de remediação, deve-se realizar nova intervenção ou ampliar o monitoramento para encerramento.

Ainda pode ser exigida a execução de um programa adicional de monitoramento e realização de análises, para verificar se as metas de remediação fixadas foram atingidas.

Para o procedimento específico de investigação e intervenção em postos e sistemas retalhistas de combustíveis, são adotadas as etapas apresentadas na **Figura 4.1.2. (Anexo I)**. A principal diferença observada entre este procedimento em relação ao procedimento para outras fontes de contaminação, é a junção das etapas de investigação detalhada, avaliação de risco, concepção da remediação e projeto de remediação em uma só etapa, denominada investigação detalhada e plano de intervenção. O início do processo de gerenciamento dessas áreas inicia-se com uma reclamação ou denúncia de possíveis vazamentos, ou após a convocação do empreendimento para iniciar o processo de licenciamento ambiental, quando é exigida a realização da investigação confirmatória.

O procedimento sequencial relacionado a vazamentos em postos e sistemas retalhistas de combustíveis é apresentado abaixo.

1. Atendimento Inicial:

Após a denúncia da suspeita ou da ocorrência de vazamento de combustíveis a CETESB deve ser comunicada. Sendo considerada procedente a reclamação (constatada a presença física ou odores característicos de combustíveis), a investigação segue para etapa seguinte.

2. Avaliação da Ocorrência:

A CETESB realiza trabalhos destinados à verificação da presença de combustível e/ou odores para definir a existência de riscos de explosão. A constatação de situação de perigo obriga a serem desenvolvidas ações descritas na etapa seguinte, paralelamente à realização de pesquisa para identificação de origem e causa. Suspeitando-se que a origem da situação de perigo sejam postos ou sistemas retalhistas de combustíveis, é exigido realização de teste de estanqueidade dos sistemas de armazenamento subterrâneo e/ou aéreo de combustíveis, o imediato esvaziamento daqueles que tenham sido reprovados no teste, a suspensão da sua operação e adoção de medidas emergenciais para eliminação do perigo e eliminação do vazamento.

A não constatação de situação de perigo, mas com indício de vazamentos, é exigida a realização de investigação confirmatória e o teste de estanqueidade dos sistemas de armazenamento subterrâneo e/ou aéreo de combustíveis, classificando o empreendimento como Área Suspeita de Contaminação.

Caso não seja classificada como Área Suspeita de Contaminação, a área poderá ser mantida como Área com Potencial de Contaminação ou ser excluída do cadastro de áreas contaminadas, no caso do uso da área ser alterado para uma atividade sem potencial de contaminação.

Caso seja possível identificar, durante esta etapa, a contaminação do solo ou da água subterrânea pela constatação de presença de fase livre, é exigido a execução de

investigação detalhada e plano de intervenção, classificando a área como Contaminada sob Investigação.

3. Medidas para Eliminação do Vazamento:

Após a identificação da origem e da causa do vazamento, deve-se adotar providências para sua eliminação ou para remoção das fontes primárias, tais como, remoção do combustível do tanque e/ou linhas, execução dos reparos necessários, substituição ou desativação dos equipamentos e comprovação da integridade das instalações reparadas.

Nesta etapa deve ser realizado: identificação do produto que vazou, origem do vazamento, planta com a localização dos equipamentos que apresentaram vazamento (em escala no mínimo em 1:100), descrição dos reparos efetuados e especificação do volume e destino a ser dado aos materiais contaminados, equipamentos e produtos removidos durante as ações de investigação e reparo das instalações. Em caso de remoção de materiais contaminados deve ser solicitada autorização prévia.

4. Medidas Emergenciais:

Para evitar acidentes iminentes, são adotadas medidas emergenciais em locais onde normalmente ocorrem afloramentos de produto e/ou confinamento de gases, como por exemplo, garagens subterrâneas, porões, poços de captação de água, poços de rebaixamento, linhas do Metrô, galerias e redes de distribuição de água, energia elétrica e telefonia. As medidas adotadas são: recolhimento de produto, lavagem das redes que apresentarem odor e/ou produto em fase livre, exaustão do local e outras medidas necessárias para a redução de eventuais riscos de explosão, interceptação e recolhimento de fase livre de combustível e monitoramento permanente dos ambientes afetados ou passíveis de serem atingidos.

As medidas emergenciais podem caber em qualquer etapa do gerenciamento de áreas contaminadas, assim que forem observadas situações de perigo. Tais medidas devem ser realizadas comunicando à CETESB e obtendo apoio no desenvolvimento das medidas a serem adotadas. Para casos de suspeita de intoxicação de pessoas por combustíveis, deve-se comunicar os órgãos de saúde responsáveis, para que as ações de competência dessas entidades sejam implementadas.

5. Investigação Confirmatória:

Objetiva confirmar existência de contaminação na área investigada, comunicando previamente à CETESB o período de realização desta.

Os resultados das análises realizadas nas amostras coletadas devem ser comparados com os valores de intervenção adotados. Caso os resultados indiquem a existência de contaminantes, em concentrações superiores aos valores considerados aceitáveis, ou seja, constatada a presença de contaminante em fase livre, no solo ou no aquífero, proveniente do empreendimento, ou quando houver situações de perigo

associadas a contaminação por combustíveis, a área é classificada como Contaminada sob Investigação e é incluída no cadastro de áreas contaminadas.

Se for indicada a existência de valores de concentração de contaminantes acima dos valores de intervenção ou constatado a presença de fase livre, mas sem situação de perigo, deve-se realizar as seguintes exigências técnicas: testes de estanqueidade nos sistemas de armazenamento subterrâneo e/ou aéreo de combustíveis, medidas para eliminação do vazamento, investigação detalhada e o plano de intervenção e apresentar seu relatório.

6. Investigação Detalhada e Plano de Intervenção:

Objetiva definir os limites das plumas de contaminação, determinar as concentrações das substâncias de interesse, caracterizar o meio físico, avaliar a necessidade de adoção de medidas de intervenção, determinar as formas de intervenção a serem adotadas e fixar as metas de remediação a serem atingidas, visando a reabilitação da área para o uso declarado.

As características dos contaminantes, do meio físico e do uso e ocupação do solo, bem como as considerações citadas anteriormente em Avaliação e Gerenciamento de Risco e Concepção do Sistema de Remediação, devem ser consideradas na definição da forma de intervenção.

Com a ativação de medidas de remediação, deve-se realizar semestralmente um monitoramento da eficiência, visando demonstrar que as metas de remediação estabelecidas estão sendo atingidas, podendo, assim, desativar o sistema e iniciar o monitoramento para encerramento.

Nesta etapa devem ser realizados: o modelo conceitual da área; descrição resumida da geologia local, com a apresentação de seções geológicas; mapa contendo o uso e ocupação do solo, incluindo eventuais usos das águas subterrâneas e a indicação dos locais onde foram executadas medidas emergenciais; mapa potenciométrico; mapa contendo a delimitação das plumas de contaminação em fase livre; mapa contendo a delimitação das atuais plumas de contaminação em fase retida e dissolvida (para os parâmetros com concentrações iguais ou superiores aos valores de referência adotados); mapas contendo a delimitação das plumas em fase dissolvida, gerados a partir de modelagem de transporte dos contaminantes, considerados os tempos de 5 e 10 anos, incluindo-se o decaimento dos mesmos; tabela de resultados das análises químicas de solo e água subterrânea; plano de intervenção com as medidas de remediação, de controle institucional e de engenharia a serem realizados, contendo um mapa de intervenção indicando onde tais medidas serão implantadas, o cronograma de implantação e operação e proposta de monitoramento da eficiência das medidas de remediação e a localização dos pontos de monitoramento a serem utilizados para acompanhar a evolução das medidas realizadas.

O mapa de intervenção, gerado com base nos mapas de plumas de contaminação, atuais e futuras, e nas metas de remediação definidas, deve indicar as áreas de influência de cada uma das medidas de intervenção propostas.

Caso não seja constatada situação de perigo e a ocorrência de concentrações de contaminantes superiores às metas de remediação definidas, a área é classificada como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e deve-se iniciar a execução do monitoramento para encerramento, visando avaliar a manutenção das concentrações de contaminantes abaixo das metas de remediação definidas.

Após isso, deve-se apresentar relatório de monitoramento para encerramento, contendo o histórico das concentrações de contaminantes e, com os resultados de concentrações dos contaminantes inferiores aos valores de meta de remediação em todas as campanhas, a área passa a ser classificada como Área Reabilitada para Uso Declarado. Caso contrário, deve-se realizar intervenção ou ampliar o monitoramento para encerramento e se os resultados apresentados no relatório indicarem a ocorrência de concentrações de contaminantes superiores às metas de remediação definidas, a área passa a ser classificada como Área Contaminada. Com isso deve-se executar a etapa de intervenção, com a implantação de medidas de remediação, de controle de engenharia ou institucional, em conjunto ou isoladamente.

7. Recuperação da Fase Livre:

Constatada a presença de fase livre, deve-se implantar e operar o sistema de recuperação da mesma, visando sua remoção total. Tal sistema é aperfeiçoado após a delimitação da fase livre, obtida na etapa anterior. Durante a operação deste sistema, devem ser apresentados relatórios de andamento trimestrais, contendo as características, o desempenho e a eficiência do mesmo.

O prazo máximo para remoção da fase livre é de 180 dias a partir da constatação da sua presença.

8. Intervenção:

Nesta etapa é implantado o plano de intervenção proposto. As medidas de remediação, de controle institucional ou de controle de engenharia são implantadas conforme cronograma estabelecido no plano de intervenção.

Durante o monitoramento da eficiência e eficácia das medidas de remediação implantadas, complementações e/ou alterações podem ser exigidas. Sua forma ou frequência é definida conforme a complexidade do caso. Entretanto, deve ser apresentado no mínimo 1 relatório de monitoramento da eficiência e eficácia das medidas de remediação por ano.

Após a implantação das medidas de remediação e atingidas as metas de remediação definidas para a área e, se for o caso, implantadas as medidas de controle institucional ou de controle de engenharia, deve-se comunicar a data de desativação do sistema de

remediação e a data do início do monitoramento para encerramento, classificando a área como Área em Processo de Monitoramento para Reabilitação e visando a manutenção das concentrações de contaminantes abaixo das metas de remediação definidas.

Após isto, deve-se apresentar relatório de monitoramento para encerramento, contendo o histórico das concentrações de contaminantes e, caso os resultados mostrem as concentrações de contaminantes inferiores aos valores metas de remediação em todas as campanhas, a área é classificada como Área Reabilitada para Uso Declarado. Caso contrário, deve-se realizar intervenção ou ampliar o monitoramento para encerramento.

A CETESB pode efetuar auditoria nos trabalhos apresentados sempre que considerar necessário. Para ambos os casos de gerenciamento de áreas potencialmente contaminadas, relacionados ou não a vazamentos em postos e sistemas retalhistas de combustíveis, a última etapa dos procedimentos é o cadastro de áreas contaminadas, que é composto pela documentação gerada no desenvolvimento das etapas dos procedimentos.

Toda essa documentação é armazenada nas agências ambientais e podem ser consultadas mediante solicitação, mas seguindo as cautelas estabelecidas na legislação.

4.6. Procedimentos para o Desenvolvimento de Modelo Conceitual Teórico

Neste TF foram adotados os procedimentos da norma "ASTM E 1689 – 95 Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites" (Guia para Desenvolvimento de Modelos Conceituais para Áreas Contaminadas) para as confecções dos modelos conceituais da área investigada, que são apresentados no item 7.3 desta Monografia. Tal norma destina-se para o desenvolvimento de modelos conceituais de áreas contaminadas e visa: a integração de informações técnicas de diversas fontes, apoiar a seleção de locais de amostragem para o estabelecimento de concentrações *background* de compostos, identificar os dados necessários e orientar suas atividades de coleta e avaliar o risco para a saúde humana e ao meio ambiente. Para tanto, descreve os principais componentes de modelos conceituais de áreas contaminadas, além de fornecer um esboço de desenvolvimento de modelos e apresentar exemplos.

Esta norma da ASTM é aplicável em qualquer área contaminada e, segunda a mesma, para o desenvolvimento de modelos conceituais teóricos, para o qual são consideradas seis atividades básicas associadas: identificação de potenciais contaminantes, identificação e caracterização da fonte ou fontes de contaminação, definição de potenciais vias de migração (água subterrânea, água superficial, solo, sedimentos, biota e ar), estabelecimento de *background* para os compostos presentes na área investigada, identificação e caracterização de potenciais receptores ambientais (humano e ecológico) e determinação dos limites da área de estudo ou limites do sistema. Tais atividades não estão necessariamente listadas na ordem em que devem ser abordadas.

A norma afirma que a complexidade de um modelo conceitual de uma área contaminada deve ser coerente de acordo com sua complexidade e com os dados

disponíveis. Seu desenvolvimento é, normalmente, constantemente iterativo e deve ser iniciado o mais cedo possível no processo de investigação, sendo constantemente refinado e revisto, incorporando novos dados coletados, de tal maneira que o modelo final contenha informações para apoiar o desenvolvimento dos cenários de exposição atuais e futuros.

A caracterização dos sistemas físico, biológico e químico de uma área contaminada, é obtida através da investigação da mesma. Um modelo conceitual de área contaminada contém a descrição e integração dos processos que determinam os lançamentos de contaminantes, sua migração e a exposição ambiental dos receptores.

É de singular importância o desenvolvimento do modelo conceitual, para que sejam conhecidas as potenciais vias de exposição do contaminante e seus possíveis efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente. Dúvidas relacionadas ao modelo conceitual devem ser identificadas com clareza, para que medidas sejam tomadas a fim de se adequar a níveis aceitáveis. As primeiras versões do modelo conceitual são baseadas em informações limitadas e incompletas, devendo-se assim identificar e resolver tais problemas.

O modelo conceitual reúne todas as informações de uma determinada área contaminada e determina a necessidade ou não de coletas de dados adicionais. Além de facilitar a escolha de alternativas de remediação e estimar a eficácia das medidas corretivas adotadas. Deve ser utilizado pelos diversos especialistas das áreas envolvidas numa investigação ambiental.

Esta Norma não visa substituir as exigências regulamentares para a condução de caracterizações de áreas contaminadas, visa apenas complementar as orientações existentes, promovendo uma abordagem mais uniforme para desenvolvimento de modelos conceituais.

Os procedimentos indicados pela norma *ASTM E 1689-95* são:

1. Coleta de Informações: reunir informações atuais e antigas do local com o auxílio da utilização de mapas, imagens aéreas, seções, dados ambientais, estudos e outras informações. É de extrema importância que se faça uma visita ao local do modelo conceitual. A qualidade das informações que estão sendo utilizadas deve ser avaliada. Os métodos utilizados para a obtenção de dados analíticos devem ser descritos e as fontes de informações devem ser referenciadas. Um modelo conceitual deve ser desenvolvido para cada local, a menos que haja vários locais na proximidade e não seja possível determinar a origem individual ou fontes de contaminação, podem assim agrregar locais.
2. Identificação de Contaminantes: identificar contaminantes nas águas subterrâneas, águas superficiais, solos, sedimentos, biota e ar. Se nenhum contaminante for encontrado, um modelo conceitual deste local deve ser utilizado para documentar este fato.
3. Estabelecimento das Concentrações *Background*: amostras *background* são utilizadas com a função de estabelecer a faixa de concentração de uma substância atribuída como ocorrência natural da área, estabelecer a faixa de concentração de uma substância atribuída

à fonte não natural e ajudar a estabelecer o quanto as contaminações excedem os níveis de *background*.

3.1. O Modelo Conceitual da área deve incluir as concentrações de ocorrência natural de todos os contaminantes encontrados no local. O número e a localização das amostras, necessárias para se determinar as concentrações *background* em cada meio, variam com as condições específicas do local. O modelo deve incluir amostras *background* suficientes para distinguir contaminação por fonte de origem natural ou por ação antrópica nas proximidades.

4. Caracterização das Fontes: as seguintes fontes características devem ser medidas ou estimadas para uma área contaminada:

- Localização da fonte, limites e volume: as fontes devem ser localizadas com precisão em mapas de áreas contaminadas. Os mapas devem incluir uma escala e indicador de direção (seta ao norte, por exemplo) e demonstrar onde a fonte está localizada em relação aos limites da propriedade.
- Os elementos potencialmente perigosos e sua concentração no meio.
- O tempo de início, duração e a taxa de liberação de contaminantes da fonte.

5. Identificação das Vias de Migração: potenciais vias de migração através de águas subterrâneas, águas superficiais, ar, solos, sedimentos e biota devem ser identificados para cada fonte. Vias de exposição completas devem ser identificadas e distinguidas de vias incompletas. Uma via de exposição é incompleta se algum, dos seguintes elementos, estiver faltando: mecanismo de liberação de contaminantes em fonte primária ou secundária, meio de transporte e contato entre os receptores ambientais e o potencial meio contaminado. O potencial de liberação, tanto atuais quanto futuros, e a migração dos contaminantes, ao longo das vias completas, para os receptores ambientais, devem ser determinados. Um diagrama das vias de exposição para todos os tipos de fonte de uma área contaminada deve ser construído, devendo ser coerente com informações descritas e tabelas referentes a avaliação de exposição ao risco. O acompanhamento da migração dos contaminantes a partir da fonte até o receptor é um dos mais importantes usos do modelo conceitual de uma área contaminada.

5.1. Via da Água Subterrânea: esta via deve ser considerada quando sólidos ou líquidos perigosos entram ou podem entrar em contato com a superfície ou subsuperfície do solo ou rocha. Os fatos a seguir devem ser considerados: distância vertical da zona saturada; taxas de fluxo de subsuperfícies; presença e proximidade de escoamento, nascentes ou grutas; fraturas ou outros caminhos de fluxos preferenciais; condições artesianas; presença de poços, especialmente para a irrigação ou água potável; e a geologia e a hidrogeologia local. Outros fenômenos de transporte que devem ser considerados incluem a dispersão hidrodinâmica, interface da transferência de contaminantes, retardamento e o movimento através da zona vadosa.

5.2. Via da Água Superficial e Sedimento: devem ser investigados nas seguintes situações: um corpo perene de água (rio, lago, fluxo contínuo, drenagem, vala, etc) estar em contato direto ou é potencialmente contaminado por uma fonte ou a área contaminada; um ininterrupto caminho existente de uma fonte ou área contaminada à água de superfície; se amostragem e análise do corpo de água superficial ou sedimento indicar concentrações de contaminantes substancialmente superiores aos valores *background*; as águas subterrâneas contaminadas ou escoamento de água de superfície é conhecido ou suspeito para descarga em um corpo de água de superfície; e, sob condições de aridez, a drenagem efêmera pode transmitir contaminantes para pontos de exposição a jusante.

5.3. Via Aérea: transporte de contaminantes através do ar, onde o caminho deve ser avaliado para os contaminantes presentes na superfície do solo, subsolo e das águas superficiais, ou outros meios capazes de liberar gases ou partículas em suspensão. A migração de contaminantes do ar para os outros compartimentos ambientais deve ser considerada, como por exemplo, a deposição de partículas resultantes da incineração para as águas superficiais e solo.

5.4. Via de Contato Direto com o Solo: solos contaminados que possam entrar em contato direto com os receptores humanos ou ecológicos devem ser investigados. Isto inclui o contato dérmico com produtos químicos e exposição direta a radiação gama do solo contaminado radioativamente. Potenciais receptores humanos e ecológicos podem ser expostos à contaminantes em diferentes profundidades do solo (por exemplo, os seres humanos podem ser expostos na superfície apenas no solo e subsolo, enquanto que plantas e animais podem entrar em contato com contaminantes mais profundos). Isto deve ser considerado quando solos contaminados estão sendo avaliados.

5.5. Via Biótica: a bioconcentração e a bioacumulação nos organismos e sua possível consequência de transferência e biomagnificação através da cadeia alimentar, além de transportes de contaminantes através dos movimentos de animais, deve ser considerado. Por exemplo, muitos compostos orgânicos que podem ser encontrados em solos ou sedimentos podem sofrer bioacumulação e bioconcentração em organismos como o plâncton, vermes ou herbívoros e biomagnificação em organismos como os peixes carnívoros e mamíferos ou aves. O movimento da biota contaminada pode transportar estes contaminantes.

6. Identificação de Receptores Ambientais: identificação dos receptores expostos atualmente ou potencialmente na área contaminada. Isto inclui os seres humanos e outros organismos que estão em contato direto com a fonte de contaminação potencialmente presentes ao longo das vias de migração ou localizados nas proximidades da área. É aconselhável elaborar uma lista dos principais grupos de espécies presentes no local. Raramente será possível ou desejável identificar todas as espécies presentes em uma área

contaminada, mas recomenda-se que o modelo conceitual da área contaminada inclua espécies ou associações representativas dos principais níveis tróficos.

6.1. Receptores Humanos: o modelo conceitual da área contaminada deve incluir um ou mais mapas indicando os limites físicos da área na qual os receptores ambientais são potencialmente ou atualmente expostos à fonte ou a vias de migração; mapas separados podem ser preparados para ilustrar certos contaminantes ou grupos de contaminantes.

6.2. Receptores Ecológicos: O modelo conceitual de áreas contaminadas deve incluir um ou mais mapas para identificar e localizar habitats terrestres e aquáticos de plantas e animais dentro e ao redor da área de estudo ou associado com a fonte ou vias de migração e também devem ser identificados todos os seres vivos que habitam (permanente, sazonal ou temporariamente) ou migram para a região estudada.

4.7. Padrões de Referência Utilizados

Foi realizada uma revisão dos padrões de referências ambientais, utilizados para comparação com os resultados analíticos das amostras de solo e água. Os padrões de qualidade adotados priorizam os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas mais recentes, publicados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), em 2005. Na ausência de valores de referência para alguns dos compostos avaliados, serão utilizados padrões de referência de aceitação internacional.

Deste modo, os resultados analíticos de solo e água subterrânea foram comparados aos seguintes padrões de qualidade ambiental, em ordem de prioridade, ou seja, havendo compostos sem valores de intervenção definido pelo primeiro, foi adotado o definido pelo subsequente:

- Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas da CETESB

Refere-se aos valores aprovados e adotados em novembro de 2005 pela CETESB, que é o órgão de controle ambiental do Estado de São Paulo, de acordo com a DECISÃO DE DIRETORIA Nº. 195/2005/E de 23 de novembro de 2005. Para este caso será utilizado o valor de intervenção, definido como a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, acima da qual existem riscos potenciais à saúde humana, diretos ou indiretos. Para o parâmetro TPH, não contemplado na lista da Decisão de Diretoria de novembro de 2005, será utilizado como referência o valor da concentração apresentado no ANEXO IV, a que se refere o artigo 1º, inciso IV, da Decisão de Diretoria nº 010/2006/C da CETESB, no item 3.7

- EPA ORNL (OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY)

Esta referência foi utilizada para o caso de compostos não contemplados pelos valores orientadores estabelecidos pela CETESB, 2005. Trata-se de uma referência publicada pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*, a agência de proteção ambiental dos Estados Unidos) e sua última atualização é de maio de 2010. Para

solos foram adotados os valores de referência para uso industrial e para as águas subterrâneas os padrões de potabilidade.

- Lista Holandesa

Os padrões de referência holandeses (*Groundwater and Soil Remediation Intervention Values*, de 2006 e suas emendas publicadas em outubro de 2008) emitidos pelo *Dutch Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment*, são baseados em riscos potenciais de exposição humana a solos contaminados. A Lista Holandesa estabelece dois valores que são empregados sem considerar o tipo de utilização do solo, sendo os mesmos para áreas industriais, residenciais e etc. O valor utilizado é o *Intervention (I)*, que indica o nível acima do qual existe risco à saúde humana e a ecossistemas e considera várias rotas de exposição possíveis, ou seja, corresponde ao risco potencial máximo e não ao risco real de determinada área. Portanto sua utilização deve ser considerada apenas orientativa. Neste projeto, os valores *Intervention* serão utilizados como sugestão de valores para compostos não contemplados nos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas da CETESB e nos valores da EPA.

5. Desenvolvimento das Atividades

Este projeto iniciou-se com um levantamento bibliográfico, no qual foram consultados e resumidos o histórico de serviços ambientais já realizados na área (por outras empresas de consultoria ambiental em campanhas anteriores), o histórico da área (uso e ocupação), os aspectos hidrográfico, geológicos e hidrogeológicos regionais em que a área está inserida, os procedimentos para o desenvolvimento de modelos conceituais de áreas contaminadas e de gerenciamento das mesmas e os padrões de referência utilizados.

Assim, principalmente com base no resultado das avaliações existentes, foi elaborado um modelo conceitual preliminar da área sob investigação, que serviu como base para a continuação da avaliação ambiental, indicando as deficiências que a área apresentava, em termos de avaliação ambiental, e que precisavam ser desenvolvidas.

Em seguida, iniciaram-se as etapas para detalhamento da investigação ambiental, com as campanhas de campo para coleta de dados, realizando um levantamento geofísico, pelo método eletromagnético GPR bidimensional, seguida pela realização de sondagens com amostragens de solo, instalação de poços de monitoramento, amostragem de água subterrânea, execução de ensaios hidrogeológicos, realização da topografia da área, confecção do mapa potenciométrico e tabelamento e tratamento dos resultados obtidos, inclusive com confecção de figuras ilustrativas destes (perfis de sondagens e de poços de monitoramento, seções hidrogeológicas e mapas da área indicando os principais resultados obtidos).

Após isto, todos os dados obtidos foram ordenados, tratados e analisados, inclusive com a realização de uma avaliação de risco, demonstrando a evolução de uma avaliação ambiental e, consequentemente, também a do modelo conceitual preliminar da área contaminada.

Sendo assim, foram elaborados 2 modelos conceituais da área investigada, um utilizando os resultados de campanhas anteriores (modelo conceitual preliminar) e o outro utilizando os resultados da campanha confirmatória e de avaliação de risco realizada pela GEOKLOCK (modelo conceitual desenvolvido).

Portanto, no decorrer do período de fevereiro a novembro de 2010, todas as etapas contidas no cronograma do Projeto Inicial (PI), entregue em março, e do Relatório de Progresso (RP), entregue em agosto e que foi atualizado de acordo com as necessidades do projeto deste TF, foram completadas em seus tempos programados. Houveram alguns pequenos atrasos relacionados às atividades de campo, tais como dias chuvosos, em que a coleta de dados de campo teve que ser paralisada, e problemas em equipamentos, que tiveram que ser substituídos. Esses problemas foram contornados com a dinamização das atividades de campo nos dias subsequentes e utilização de alguns dias reservas, planejados exatamente para cobrir problemas como os citados, que inevitavelmente ocorrem. Outro problema encontrado foi com laudos laboratoriais, que, por problemas técnicos do próprio laboratório, atrasaram e dificultaram o tabelamento dos resultados, atrasando e dificultando o tratamento dos mesmos.

Com o intuito de demonstrar o planejamento programado no PI e adaptado, devido a necessidades e problemas ocorridos durante a investigação, no RP, foi confeccionado um cronograma (**Tabela 5.1.**), contendo todas as atividades e seus respectivos períodos ao longo do ano de 2010 em que foram realizadas, destacada em cinza, culminando na finalização e entrega da MONOGRAFIA.

Cabe aqui ressaltar que todo cronograma planejado desde o PI foi realizado e que as adaptações feitas, no RP e na Monografia, foram apenas para se adequar as necessidades e dificuldades encontradas pela empresa com o projeto, não havendo atividades propostas não realizadas sem justificativa nesta Monografia.

Atividade / Mês	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Levantamento do histórico da área										
Levantamento bibliográfico										
Projeto Inicial										
Elaboração do modelo conceitual preliminar										
Geofísica com GPR bidimensional										
Sondagens com amostragem de solo										
Instalação de poços de monitoramento										
Amostragem de água subterrânea										
Execução de ensaios hidrogeológicos										
Realização da topografia da área										
Confecção de mapa potenciométrico										
Tratamento preliminar dos dados obtidos										
Relatório de Progresso										
Replanejamento e análise dos dados específicos para etapa confirmatória										
Tratamento de todos os dados obtidos										
Elaboração do modelo conceitual confirmatório										
Análise crítica do modelo, comparação com o preliminar e recomendações										
Monografia										

Tabela 5.1. Cronograma de atividades ao longo do ano de 2010.

6. Materiais e Métodos

Este item visa explicar a metodologia utilizada no projeto, ou seja, as atividades realizadas e como foram realizadas.

Aqui constam as atividades das campanhas de campo para coleta de dados, visando sempre a evolução do modelo conceitual da área, e tais atividades são apresentadas a seguir.

6.1. Levantamento Geofísico

Foi realizado um levantamento geofísico, por meio do método eletromagnético GPR bidimensional, para a detecção de interferências subterrâneas no terreno, tais como linhas

elétricas subterrâneas, envelopes elétricos e estruturas de esgoto doméstico. O trabalho de GPR bidimensional foi realizado por uma empresa, denominada de Empresa D, no período de 01/02 a 27/02/2010.

A **Figura 6.1.1.** apresenta o mapa da área de estudo com o levantamento geofísico e a **Figura 6.1.2.**, as interferências detectadas, ambas são encontradas no **Anexo I**.

6.2. Sondagens

Entre os dias 15/02 e 30/04/2010 foram realizadas 131 sondagens exploratórias, escolhidas estrategicamente para este estudo.

As sondagens foram executadas utilizando trado manual de 4" e sonda percussiva **GEOPROBE®**, com o método *direct push*, com furos de 2" de diâmetro, com descrição do testemunho obtidos com o uso de *liners*. A utilização da sonda percussiva sofreu limitações devido a dificuldades de acesso.

Durante as perfurações foram realizadas medições qualitativas *in situ* de vapores orgânicos no solo (VOC), a cada 0,50m, com um FID (detector por ionização em chama) portátil da marca **Gastech®**, e realizada a descrição dos solos constituintes do local e a coleta de amostras para caracterização táctil-visual e análises químicas.

O método de perfuração adotado atende à norma ABNT/NBR 15492:2007 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental.

As sondagens e a coleta de amostras de solo na área foram alocadas com objetivo de investigar o entorno da mesma, que foi pouco detalhada nos diagnósticos anteriores, delimitar as plumas de fase dissolvida encontradas anteriormente, detectar eventuais vazamentos e, assim, avaliar a qualidade do solo local. As sondagens foram distribuídas da seguinte forma:

- 60 sondagens na área de tanques;
- 28 sondagens em malha regular, de aproximadamente 8 x 8m, no entorno da Base de Carregamento;
- 05 sondagens para delimitação da pluma de fase dissolvida, encontrada no PM-07 (de campanhas anteriores);
- 06 sondagens próximas às sondagens TR-15, TR-16, TR-22 e TR-23 (de campanhas anteriores), onde foram detectados compostos orgânicos no solo;
- 04 sondagens localizadas a montante (SG-375 a SG-378) e 04 a jusante (SG-319 a SG-321 e S-335), ao redor de uma área onde se localizam dutos aéreos;
- 04 sondagens (S-379 a S-381) localizadas na Rua Principal;
- 01 sondagem para coleta de amostra geotécnica para caracterização da área; e
- 19 sondagens adicionais (vide explicação abaixo) numa área onde ocorreu vazamento de combustível (S-399 a S-419).

Devido ao histórico de vazamento de produto na Área de Válvulas, foram realizadas, entre os dias 15/03/2010 e 25/03/2010, 71 perfurações adicionais de *Soil Gas Survey* (SGS), pelo método do trado manual. Coletou-se amostras a 1,0m de profundidade e, com auxílio do medidor *Innova ThermoGastech®*, realizou-se medições *in situ* de vapores orgânicos no solo (VOC). Os pontos com maior teor de VOC foram escolhidos para a realização das sondagens. A **Figura 6.2.1.**, localizada no **Anexo I**, apresenta a locação dos pontos denominados de SGS. A **Tabela 6.2.1.**, localizada no **Anexo II**, mostra os resultados das leituras de SGS (ppm). Com base nos resultados de *soil gas* foram realizadas 19 sondagens, com trado manual, entre os dias 30/03/2010 e 30/04/2010. Na **Figura 6.2.2.** (**Anexo I**) pode-se visualizar a locação, em planta, destas sondagens (S-399 a S-419) e de todas as sondagens investigativas realizadas.

A **Figura 6.2.3.** (**Anexo I**) apresenta os perfis litológicos das sondagens com suas medições de VOC. Nota-se que em algumas sondagens não foi possível completar a perfuração, uma vez que o concreto era muito espesso no local. Este fato ocorreu nas sondagens: SG-356 a SG-361, SG-366, SG-373, SG-374, SG-396, SG-397, SG-398 e SG-419.

A **Tabela 6.2.2.** (**Anexo II**) apresenta a identificação de cada sondagem e os parâmetros analisados nas amostras de solo coletadas.

6.3. Coleta de Amostras de Solo

Foram coletadas 247 amostras de solo, para análise dos parâmetros Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH), Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX), Hidrocarboneto Total de Petróleo (TPH) Fracionado e Metais (Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Pb, Cu, Cr III, Cr VI, Cr total, Fe total, Mn, Hg, Ni, Ag, Se, V e Zn) e 04 amostras para análise de parâmetros físicos, totalizando 251 amostras de solo coletadas.

As alíquotas destinadas à análise de metais foram selecionadas nas porções superficiais entre 0,0 e 0,5m, e as alíquotas destinadas à análise dos parâmetros orgânicos foram selecionadas com base nos maiores valores de medições semi-quantitativas de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), e/ou em indícios tátteis/visuais observados em campo. Na ausência destes, foi selecionada a amostra próxima à franja capilar. Com isso, algumas sondagens apresentaram duas amostras por furo e outras três, conforme as necessidades observadas em campo.

As amostras de solo coletadas foram acondicionadas em frascos apropriados e imediatamente armazenadas em caixas termoplásticas com gelo, onde foram mantidas a uma temperatura aproximada de 4°C e, posteriormente, encaminhadas a um laboratório para a análise dos compostos de interesse, acompanhadas por guias de remessa, que visam assegurar as condições e o recebimento das mesmas dentro do prazo de validade.

Tais procedimentos objetivam a constituição de base de dados estatisticamente representativa, capaz de fomentar adequadamente a etapa de avaliação de risco, que visa o estabelecimento de metas de remediação, se necessário.

A metodologia empregada durante a coleta e preservação das amostras de solo seguiu o recomendado no "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas", elaborado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2001).

6.4. Coleta de Amostras Geotécnicas

Durante o período de investigação foram coletadas amostras para caracterização geotécnica, visando um melhor conhecimento das propriedades do solo local e como subsídio para a avaliação de risco. Sendo assim, foram coletadas 04 amostras de solo, em profundidades representativas da zona não-saturada, para determinação de parâmetros físicos do solo local, tais como porosidade, densidade, umidade, granulometria e matéria orgânica. A localização dos pontos de amostragem geotécnica é apresentada na **Figura 6.4.1. (Anexo I)**.

6.5. Instalação de Poços de Monitoramento (PMs)

Em função dos resultados obtidos nos trabalhos anteriores e para complementação da rede de monitoramento existente, foram instalados 12 poços de monitoramento, entre os dias 01/03/2010 e 30/04/2010, de acordo com a planilha abaixo.

Poço novo	Poço Antigo	Objetivo da instalação
PM-234	-	Rede complementar de poços
PM-235	-	Rede complementar de poços
PM-236	-	Par multinível
PM-243	-	
PM-237	-	Rede Complementar de poços
PM-238	PM-14	Reinstalação (poço "afogado")
PM-239	-	Rede complementar de poços
PM-239A	-	Rede complementar de poços
PM-240	PM-04	Reinstalação (poço "afogado")
PM-241	-	Par multinível
PM-242	-	
PM-244	PM-12	Par multinível

A **Figura 6.5.1.** mostra a localização em planta dos poços de monitoramento instalados e existentes, e a **Figura 6.5.2.** apresenta os perfis litológicos e construtivos dos poços de monitoramento instalados, ambas as figuras encontram-se no **Anexo I**.

As características construtivas dos poços instalados e existentes encontram-se na **Tabela 6.5.1. (Anexo II).**

Dos poços existentes, o PM-03 e PM-05 encontram-se obstruídos. Já os poços PM-04 e PM-14 tiveram que ser substituídos pelo PM-240 e PM-238, respectivamente, pois encontravam-se “afogados” (nível d’água bem acima da seção filtrante).

Nas margens do rio (ao norte da área de estudo) encontram-se os poços multiníveis PM-02 (3,71m) (de campanhas anteriores), PM-241 (14,56m) e o PM-242 (9,81m) (ambos instalados pela GEOKLOCK). Também foi instalado o PM-244 (19,90m), que forma par multinível com o PM-12 (6,6m) (de campanhas anteriores).

Os poços multiníveis são conjuntos de poços de monitoramento instalados próximos uns aos outros, com as seções filtrantes em diferentes profundidades, no interior do mesmo aquífero, o que permite o estudo vertical das propriedades hidrogeológicas e do transporte de contaminantes.

Os demais poços foram instalados para a complementação da rede de monitoramento.

Devido às dificuldades de acesso de máquinas de perfuração, a maioria dos poços foi instalada por trado manual de 6" e apenas os poços PM-243 e PM-244 foram perfurados por sonda mecânica do tipo *Hollow Stem Auger*, com diâmetro de perfuração de 6".

Os poços foram construídos em PVC geomecânico de 2", de acordo com a Norma ABNT/NBR 15495-1:2007 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e Construção.

O procedimento de instalação dos poços consistiu no preenchimento do espaço anelar, entre o furo de sondagem e o tubo de revestimento, com pré-filtro, chegando a 0,50m acima da extremidade superior do filtro. O espaço restante foi preenchido com bentonita, até a superfície, a fim de não haver aporte de água superficial para o poço e preservar as características da água subterrânea. Para evitar que os poços ficassem “afogados”, optou-se pela instalação de filtros longos, entre 3 e 4m de comprimento, para os poços de horizonte raso e filtros curtos, de 2m, para os poços que se encontram em horizonte intermediário.

Para o fechamento dos poços, tanto na extremidade inferior quanto a superior, foram utilizados tampões e, com a finalidade de proteger os poços, foram construídas caixas de concreto e afixada uma câmara de calçada, em aço carbono com tampa móvel, para cada poço.

Após a instalação, todos os poços foram desenvolvidos, objetivando a limpeza e a eliminação de partículas finas presentes, através da remoção de volume de água suficiente para a eliminação da turbidez e mediante a utilização de mangueiras de polietileno e válvula com esfera interna, conhecida como válvula WATERRA®.

6.6. Coleta de Amostras de Água Subterrânea

A campanha de amostragem de água subterrânea foi realizada entre os dias 10/04 e 20/05/2010, para análise de parâmetros VOC, Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (SVOC), TPH fracionado e Metais (totais e dissolvidos). A **Tabela 6.6.1. (Anexo II)** mostra a procedência, identificação e parâmetros analisados nas amostras de água subterrânea coletadas.

Não foi verificada a presença de produto em fase livre nos poços de monitoramento.

A técnica de amostragem empregada foi a de baixa vazão, também denominada micro-purga, que é baseada na norma D 6771-02 da ASTM (2002) e ABNT NBR 15847:2010. Esta técnica refere-se à velocidade com que a água entra na captação da bomba e são utilizadas vazões controladas na ordem de 0,1 a 1L/min, visando a otimização do fluxo e o mínimo rebaixamento do nível d'água.

Nesta amostragem foi utilizada uma bomba pneumática de bexiga, acoplada a uma célula de fluxo através de mangueiras descartáveis, com o desenvolvimento do poço até a estabilização dos parâmetros pH, potencial redox, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura (que são indicadores de qualidade e representatividade da amostra), medidos *in situ* através de sensores multiparâmetros, sob condição de fluxo contínuo no interior da célula.

Anteriormente e entre as coletas, o equipamento não descartável de amostragem foi descontaminado, através de lavagens com água potável e detergente neutro e enxágue com solução de acetona diluída (5%) e água deionizada.

Durante a micro-purga do poço, foram monitorados e registrados em boletins de campo, o nível d'água e, através de uma célula de fluxo acoplada a um equipamento de medição, os parâmetros *in situ* citados anteriormente. A estabilização dos parâmetros indicadores é utilizada para determinar que a amostra de água é representativa do aquífero poroso livre, seguindo a seguinte variação (adaptado da EPA, 1996):

- pH: $\pm 0,1$;
- Condutividade elétrica: $\pm 3\%$;
- Potencial de óxido-redução: $\pm 10\text{mV}$;
- Oxigênio dissolvido: $\pm 10\%$;
- Turbidez: $\pm 10\%$

As amostras destinadas a análise de metais foram filtradas em campo, com filtros descartáveis (*Solinst®*), e coletadas em recipientes com preservante. Todas as amostras foram acondicionadas em *coolers*, resfriados com gelo em temperaturas da ordem de 4°C.

Além dos 19 poços de monitoramento amostrados, foram coletadas 2 amostras de controle, para rastrear eventuais desvios relacionados aos procedimentos de coleta e análises laboratoriais e verificar a representatividade e reproduzibilidade dos resultados analíticos, conforme descrito abaixo:

- 1 amostra de Branco de Campo - Quantidade de água desionizada em um frasco de coleta, transportada até o local de coleta, manuseada como se fosse uma amostra e enviada ao laboratório para análise, com o objetivo de se identificar possíveis interferências causadas pelo ambiente.

- 1 amostra de Réplica - Consiste na coleta de duas amostras de água de um mesmo ponto para análise dos resultados analíticos e avaliação do laboratório.

A coleta e a preservação das amostras de água subterrânea atendem ao recomendado no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água (1987) e Norma 06.010 - Anexo A - Orientação para Coleta de Amostras (1988), ambos elaborados pela CETESB, e ASTM D 5903-96 (2006).

As amostras de água subterrânea foram enviadas ao mesmo laboratório em que foram encaminhadas as amostras de solo para análises químicas, acompanhadas por guias de remessa.

6.7. Ensaios Hidrogeológicos

Para obtenção dos dados de condutividade hidráulica do aquífero freático local foram realizados 11 ensaios de permeabilidade, entre os dias 25/05/2010 e 10/06/2010, nos poços de monitoramento instalados. Os ensaios foram feitos pelo método de recuperação, que consiste na extração de um volume de água do poço, a partir do qual se acompanha a recuperação do nível d'água até sua estabilização. As medidas foram efetuadas em intervalos de tempo regulares, com um medidor elétrico, cuja precisão é de 0,5cm.

O ensaio é realizado a partir da extração do maior volume possível de água do poço de monitoramento e acompanhando a recuperação do nível d'água até sua estabilização (nível estático original ou pelo menos 70% deste).

Os dados obtidos em campo são tratados pelo método analítico de Bouwer & Rice (1976, *apud* Fetter, 1994). Tal método foi desenvolvido para poços parcialmente ou totalmente penetrantes em aquíferos não confinados e possibilita ao usuário definir características geométricas do poço e do aquífero e também o ajuste manual da reta aos dados de campo, obtendo-se, assim, o valor da condutividade hidráulica.

A equação de Bouwer & Rice é:

$$K = [r^2 \cdot \ln(Re/R) \cdot \ln(h_0/ht)] / 2 \cdot L \cdot t \quad \text{onde,}$$

K = condutividade hidráulica (cm/s)

r = raio do poço (cm)

R = raio do centro do poço até o material componente do aquífero (cm)

Re = raio efetivo de influência do ensaio de variação do nível da água (cm)

L = comprimento do filtro (cm)

- h_0 = nível da água no poço no início da recuperação, $t=0$, (cm)
 h_t = nível da água no poço após o início da recuperação, $t>0$, (cm)
t = tempo (s)

Os cálculos para obtenção da condutividade hidráulica foram executados com auxílio do programa de computador *Aquifer Test*, desenvolvido pela empresa *Waterloo Hydrogeologic Inc.*

A metodologia empregada durante ensaios hidrogeológicos em poços de monitoramento segue o recomendado no "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas" (CETESB, 2001).

A Tabela 6.5.1. (Anexo II) contém os resultados de condutividade hidráulica obtidos.

6.8. Topografia

O levantamento topográfico das sondagens de reconhecimento e dos poços de monitoramento foi realizado no período de 25/05/2010 a 06/06/2010, pela empresa denominada de Empresa E.

O trabalho foi executado com estação total, com objetivo de determinar as coordenadas em UTM e as cotas topográficas dos pontos investigados.

Os pontos de sondagem e os poços de monitoramento foram locados por levantamento topográfico com estação total.

A partir das cotas levantadas e das medições de nível d'água, realizadas em todos os poços de monitoramento no dia 30/04/2010, foram calculadas as cargas hidráulicas, que possibilitaram a determinação da direção do fluxo da água subterrânea.

6.9. Análises Laboratoriais

Todas as amostras foram encaminhadas para um mesmo laboratório de análises, que recebeu essas amostras dentro dos seus respectivos prazos de validade, em seus respectivos frascos apropriados, com os preservantes recomendados e em temperatura resfriada de aproximadamente 4°C.

6.10. Avaliação de Risco

Com o objetivo de avaliar as concentrações toleráveis dos Compostos Químicos de Interesse (CQIs), no solo e na água subterrânea da área investigada, que não representem risco (não-carcinogênico (tóxico) e carcinogênico) aos potenciais receptores, considerando-se a forma de exposição das substâncias identificadas, conforme os critérios de risco adotados, foi realizada uma Avaliação de Risco pela GEOKLOCK em setembro de 2010, a qual teve seus resultados e metodologias utilizados para a elaboração desta Monografia.

Segundo a GEOKLOCK (2010), a seleção dos CQIs foi realizada conforme preconizado no documento "*Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I, Human Health Evaluation Manual – Part A*", publicado pela USEPA, sob registro EPA/540/1-89/002 de Dezembro/1989, doravante denominado RAGS-USEPA.

A avaliação dos modelos e parâmetros de exposição, os métodos de cálculo de transferência de massa nos meios a serem considerados (solo, água e ar) e os cálculos das doses absorvidas seguiram o modelo *Risk Based Corrective Action – Tier 2* (RBCA), estabelecida pelas normas ASTM E1739-95 e ASTM PS104-98 (GEOKLOCK, 2010).

A metodologia baseia-se na aplicabilidade da toxicologia humana associada à presença de compostos no meio, como solo e água subterrânea, e, a partir de suas propriedades físico-químicas, avaliar através de cálculos de transferência de massa, as interações com receptores humanos.

O processo de avaliação de risco consistiu das seguintes etapas:

- Levantamento de informações específicas da área investigada (histórico, processos produtivos, compostos manipulados, potenciais fontes etc.);
- Coleta e avaliação de dados;
- Avaliação da exposição (identificação dos potenciais receptores e meios de transporte);
- Caracterização e quantificação dos riscos;
- Gerenciamento dos riscos (se aplicável) e/ou adoção de medidas de remediação.

Os métodos de cálculo de transferência de massa nos meios a serem considerados (solo, água e ar), bem como as doses absorvidas foram realizados utilizando o software *RBCA Tool Kit for Chemical Releases*, versão 2.5, da *Groundwater Services, Inc.*

Para a realização desta análise de risco, considerou-se o histórico da área investigada (operação realizadas, processos e produtos manipulados etc.), levantamento de dados populacionais da mesma (jornada de trabalho, distribuição espacial da população etc.) e os relatórios de campanhas anteriores, realizadas por outras empresas, como base de dados e as referências normativas cabíveis atualmente para realização de uma eficiente Avaliação de Risco.

Para a identificação dos potenciais compostos presentes na área de estudo, o que permite direcionar a avaliação de risco aos parâmetros que apresentam relevância ambiental dentre a totalidade dos que foram analisados, foram selecionados os compostos de interesse para a avaliação de risco. Seguindo esta premissa, a seleção dos compostos foi realizada de acordo com o manual *RAGS-USEPA*, 1989.

Para a avaliação, optou-se pela divisão do meio em dois compartimentos ambientais, definidos por solo, subdividido em duas porções, e água subterrânea, que representam os meios de exposição a serem considerados:

- Solos Superficiais – representativos da camada não-saturada do solo até a profundidade de 0,70 m;

- Solos Subsuperficiais – representativos da camada não-saturada do solo abaixo de 0,7 m de profundidade.
- Aquífero poroso (freático) – representando o nível d'água médio de 3,70 m de profundidade, adotado para toda área, para fins de quantificação das doses e cálculos de transferência.

Para a avaliação dos dados analíticos obtidos, foram considerados os dados de solo coletados em campanhas anteriores por outras empresas e os resultados analíticos obtidos pela GEOKLOCK ao longo deste ano. Para as águas subterrâneas foram considerados os resultados da campanha realizada pela GEOKLOCK.

Seguindo a definição de compartimentação ambiental para a seleção dos compostos presentes nos solos, os mesmos foram separados em horizonte superficial e subsuperficial, para os cálculos das vias atribuídas a receptores industriais e solo sem compartimentação para os cálculos destinados aos trabalhadores de obras. Para as águas subterrâneas, os dados coletados dos poços rasos e profundos foram todos considerados como representativos do aquífero freático.

A partir dos resultados das análises químicas, para cada um dos meios de transporte (solo e água subterrânea), foram realizadas as seguintes análises:

- Concentração mínima do composto;
- Concentração máxima do composto;
- Local da amostra que apresentou a máxima concentração do composto; e
- Frequência de detecção do composto.

Visando a adoção de um modelo conservador, para todas as vias de exposição (diretas e indiretas) foram adotadas as máximas concentrações presentes na área de estudo.

Após a definição dos compostos presentes em cada compartimento considerado, os dados obtidos foram comparados com os critérios de seleção definidos de acordo com a metodologia proposta pela RAGS - USEPA, sendo adotados os seguintes critérios, na ordem descrita abaixo:

- 1) Compostos em concentrações inferiores aos limites de detecção e compostos não detectados em quaisquer umas das campanhas de amostragem foram excluídos da avaliação, ou seja, não foram considerados.;
- 2) Compostos que apresentaram concentrações inferiores aos padrões de qualidade ambiental, são excluídos da avaliação;
- 3) Compostos sem valores de comparação, estabelecidos com base na toxicidade do composto, foram excluídos da avaliação quantitativa de riscos;
- 4) Compostos que não apresentaram dados toxicológicos, ou cujos valores de dose admissível não tenham sido derivados, foram excluídos da avaliação de risco;

- 5) Compostos que não apresentaram dados físico-químicos satisfatórios, para permitir a execução dos cálculos de transferência e derivação da dose de ingresso, foram excluídos da avaliação; e
- 6) Compostos que representam frequência de detecção inferior a 5% das amostras analisadas.

Os valores de comparação de qualidade foram estabelecidos utilizando-se o valor constante das referências adotadas, citadas anteriormente na Revisão Bibliográfica, em Padrões de Referências Utilizados, para cada composto identificado.

Ressalta-se que o aluno, autor deste TF, não participou das etapas de cálculos da Avaliação de Risco, uma vez que esta foi terceirizada pela GEOKLOCK. Entretanto, o aluno participou da confecção do Modelo Conceitual de Exposição, apresentado no item 7.3. desta Monografia.

7. Resultados Obtidos e Discussão

Neste item são apresentados os resultados obtidos das atividades realizadas e suas interpretações individualizadas. Também é realizada uma discussão acerca destes resultados. Mais adiante nesta Monografia, estes resultados são interpretados e discutidos.

7.1. Aspectos Geológicos e Hidrogeológicos Locais

A partir da execução de sondagens identificaram-se quatro litotipos distintos:

- **Aterro:** ocorre em toda a área, variando em espessura entre 0,3 e 2,8m, sendo composta predominantemente por argila silte-arenosa, de cor variegada (vermelho, marrom, cinza esverdeada e cinza claro) e ora com fragmentos de rocha.
- **Argila orgânica:** na região mais ao norte ocorre de forma mais uniforme, com espessuras inferiores a 2m e no restante da área ocorre como lentes de aproximadamente 1,5 m e intercalados em sedimentos mais grossos.
- **Silte argilo-arenoso:** litotipo predominante, de cor variegada (cinza escura, cinza clara, cinza esverdeada, amarelo e marrom) e ora com matéria orgânica.
- **Areia média a grossa:** ocorre como lentes, intercalados com silte argilo-arenosa, de cor esbranquiçado e com cascalhos de diâmetro de até 3cm. Sua espessura varia entre 1,3 e 2,5m.

Na região nordeste da área ocorrem sedimentos holocênicos, compondo um depósito sedimentar, correlacionado a uma planície de inundação paleo-aluvial do rio ao norte da área investigada.

A **Figura 7.1.1. (Anexo I)** apresenta as seções hidrogeológicas da área.

O aquífero freático existente apresentou variação do nível d'água entre 2,0 e 18,80m. De acordo com a interpolação dos valores de carga hidráulica, obtidos através dos níveis

d'água medidos em 30/04/2010, foi elaborado um mapa potenciométrico para a determinação da direção do fluxo subterrâneo, apresentado na **Figura 7.1.2. (Anexo I)**.

O fluxo subterrâneo na maior parte da área é para oeste, já na porção norte da área o fluxo subterrâneo é no sentido do rio lá existente.

Diante da pequena quantidade de poços em horizonte intermediário do mesmo aquífero freático, não foi confeccionado o mapa potenciométrico para este horizonte.

Foram calculados alguns valores para a velocidade de fluxo das águas subterrâneas, tanto para os poços mais profundos quanto para os rasos. Foi escolhido o maior valor de velocidade para cada horizonte de poços e o critério adotado foi baseado no sentido do fluxo da água subterrânea, observado no mapa potenciométrico. As condutividades hidráulicas encontradas variaram entre 10^{-5} a 10^{-6} cm/s, o que representa um solo silto-arenoso.

A velocidade foi calculada através da lei de Darcy:

$$V = \frac{K \cdot i}{n_e}, \text{ onde:}$$

v = velocidade de escoamento (cm/s)

k = condutividade hidráulica (cm/s)

i = gradiente hidráulico (m/m)

n_e = porosidade efetiva (%)

A área apresentou velocidade de 4,72m/ano nos níveis mais rasos e de 6,09m/ano nos níveis profundos. Na planilha a seguir são apresentados os parâmetros utilizados no cálculo das velocidades de migração das águas subterrâneas.

Parâmetros para cálculo da velocidade					
Horizontes	Poços considerados	Gradiente Hidráulico médio (m/m)	Porosidade efetiva (%)	K (cm/s)	Velocidade (m/ano)
Raso	PM-239A e PM-240	0,0479	18*	5,62E-05	4,72
Intermediário	PM-241 e PM-244	0,0394	18*	8,83E-05	6,09

* Valor para solo siltoso (Fetter, C. W. 1994).

Os valores para a porosidade efetiva foram retirados de Fetter (1994), visto que as amostras para análise de parâmetros físicos foram coletadas superficialmente, com no máximo 2,9m de profundidade.

Cabe ressaltar que a velocidade de deslocamento das águas subterrâneas não coincide com a dos compostos de interesse devido à densidade, fluidez e mobilidade de cada um deles.

7.2. Análises Laboratoriais

Todos os resultados das análises laboratoriais realizadas foram tabelados com formatação condicional, de modo que os valores superiores aos limites de referência adotados estejam em destaque. Estas tabelas encontram-se no **Anexo II** desta Monografia.

7.2.1. Análises Laboratoriais de Solo

As amostras coletadas têm como objetivo avaliar a qualidade dos solos da área sob investigação. A **Tabela 7.2.1.1.** apresenta todos os resultados analíticos dos compostos orgânicos para as amostras de solo. A **Figura 7.2.1.1. (Anexo I)** apresenta a distribuição, em planta, dos resultados analíticos dos compostos orgânicos, com concentrações acima dos valores de referência adotados. As análises químicas para PAH não apresentaram concentrações acima dos valores de referência consultados.

A **Tabela 7.2.1.2.** apresenta todos os resultados analíticos dos metais para as amostras de solo e a **Figura 7.2.1.2.** mostra a distribuição, em planta, dos resultados analíticos dos metais, com concentrações superiores aos valores de referência adotados.

Os resultados com concentrações acima dos limites recomendados pela referência aplicável estão marcados nas tabelas com a célula da mesma na cor azul claro.

Na **Tabela 7.2.1.3.** são apresentados os resultados dos ensaios geotécnicos, para análise dos parâmetros físicos do solo, e os dados dos mesmos foram utilizados para a avaliação de risco, apresentada mais adiante.

Resumidamente, as análises químicas efetuadas nas amostras de solo apresentaram:

- **TPH fracionado:** apresentaram concentrações acima dos limites recomendados pela referência aplicável nas sondagens S-333, que se encontra a nordeste da Base do Carregamento, onde passam dutos de transporte de hidrocarbonetos, com 4354,693 mg/kg à 2,2m de profundidade e S-407, que encontra-se na Área de Válvulas, onde ocorreu vazamento de hidrocarboneto (combustível), com 1595,931 mg/kg (concentração próxima ao limite de intervenção de 1000 mg/kg – CETESB, 2006) na profundidade de 2,6m. Não foram observados indícios visuais de produto no solo nas amostras relacionadas, porém foram detectados concentrações acima de 500 ppm de teor de VOC medidos *in situ*.
- **BTEX:** apresentaram concentrações acima dos limites estabelecidos nas referências consultadas apenas para o Benzeno nas sondagens S-350 (0,208 mg/kg, na profundidade de 1,6m) e S-351 (0,171mg/kg, na profundidade de 1,7m), ambos localizados a oeste da Base de Carregamento. Nestas sondagens também foram observados valores de teores de VOC medidos *in situ*. Como as sondagens onde foram detectadas concentrações de benzeno estão localizadas próximas à Base de Carregamento, a presença do benzeno neste local pode estar associada a vazamentos de combustível.

- PAH: não apresentaram concentrações acima dos valores de referência consultados.
- Metais: apresentaram valores acima dos limites de intervenção industrial da EPA o Vanádio, nas sondagens SG-287, SG-288, SG-290, SG-291, SG-292, SG-293, SG-295, SG-299, SG-302, S-333, S-344, SG-352 e SG-369, e Cromo VI, nas sondagens SG-365, SG-391, S-403 e S-407.

7.2.2. Análises Laboratoriais de Água

As amostras de água coletadas têm como objetivo avaliar a qualidade da água subterrânea da área sob investigação. Para a coleta destas amostras foram determinados os parâmetros *in situ*, apresentados na **Tabela 7.2.2.1.**, que, conforme já citado, são indicadores de qualidade e representatividade das amostras.

As **Tabelas 7.2.2.2., 7.2.2.3. e 7.2.2.4.** apresentam os resultados analíticos das amostras de água para os compostos orgânicos e a **Figura 7.2.2.1. (Anexo I)** mostra, em planta, a distribuição dos resultados, cujas concentrações foram superiores aos padrões de referência adotados.

A **Tabela 7.2.2.5.** apresenta todos os resultados analíticos das amostras de água para metais e a **Figura 7.2.2.2. (Anexo I)** apresenta a distribuição, em planta, dos resultados cujas concentrações foram superiores aos padrões de referência adotados.

Os resultados com concentrações acima dos limites recomendados pela referência aplicável estão marcados nas tabelas com as células das mesmas na cor azul claro.

Portanto, sobre os parâmetros *in situ*, pode-se dizer que:

- O pH das águas subterrâneas desta área tem caráter ácido e varia de 3,51 UpH a 6,28 UpH.
- Os valores de condutividade elétrica variam entre 72 e 617 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores considerados normais para águas subterrâneas. Contudo, foram observados três pontos com condutividades mais elevadas, no PM-244 (998 $\mu\text{S}/\text{cm}$), PM-240 (1.060 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e no PM-243 (3217 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Os valores de potencial de oxi-redução não definiram uma tendência clara, mas associados aos dados de oxigênio dissolvido, é possível afirmar que as águas subterrâneas superficiais estão em ambiente oxidante.
- Com relação aos elevados valores de turbidez, estes se devem aos novos procedimentos de instalação de poços previstos pela norma ABNT NBR 15495-1, sendo que em poços instalados em sedimentos finos torna-se impraticável atingir uma baixa turbidez. Para coleta de amostras, as mesmas são filtradas em campo previamente à preservação para a análise dos parâmetros inorgânicos e não há restrição à turbidez nas normas consultadas (ASTM, 2002) para a análise dos parâmetros orgânicos.

As análises químicas efetuadas nas amostras de água subterrânea apresentaram:

- **Compostos orgânicos:** os poços que apresentaram valores acima dos de referência foram PM-07 e PM-12 (ambos com histórico de compostos orgânicos acima dos valores de referência), PM-234 (Base de Carregamento) e PM-239A (Área dos Tanques). Observa-se que os valores de VOC nos poços PM-12 e PM-234 são bastante elevados sugerindo uma possível fonte primária na região dos dutos que passam próximo ao PM-12 e a possíveis vazamentos na região da Base de Carregamento. Como o sentido do fluxo da água subterrânea não apresenta um comportamento unidirecional não se pode afirmar o sentido preferencial do contaminante. Os SVOC não foram detectados nesta campanha e nem mesmo nas campanhas anteriores.

- **Metais:** apenas o metal Chumbo foi confirmado no poço PM-08. Os metais Arsênio, Cádmio e Berílio apresentaram concentrações acima do limite de referência, com os valores detectados muito próximos aos seus respectivos limites. As altas concentrações dos metais chumbo dissolvido, níquel dissolvido e cádmio dissolvido, nos poços PM-243, PM-244, PM-239A e PM-08, podem estar associados ao processo de armazenamento dos produtos internos, uma vez que no local são armazenados diluente de tinta, solvente de borracha e óleo diesel.

Foram detectadas concentrações de Ferro Total Dissolvido superiores ao valor de intervenção da CETESB (2005) em 18 amostras de água subterrânea, e Manganês Dissolvido em 13. Como estas concentrações estão distribuídas por toda a área e no local não há histórico de manipulação de produtos à base destes compostos, acredita-se que estes compostos são naturais, provenientes do tipo de solo local. Estes metais não conferem toxicidade à água, pois seus valores de referência dizem respeito a limites em que as características organolépticas da água são alteradas, conferindo a ela aspectos de cor e odor que inviabilizam o consumo humano.

Os metais As, Cd, Pb, Ni, Be e V, com concentrações superiores aos limites de referência adotados, foram analisados mediante construções de gráficos de equilíbrio pH e Eh. Tais gráficos indicam que as condições hidroquímicas da área são condizentes com a presença destes metais detectados em solução. As referências utilizadas para a confecção dos gráficos e suas respectivas interpretações foram *Geological Survey of Japan – Open File Report Nº 419 – Atlas of Eh-pH diagrams*, de 2005, e “Conceitos sobre parâmetros *in situ* - Treinamento interno” da GEOKLOCK, de 2006. Tais gráficos encontram-se no **Anexo I** a esta Monografia.

7.3. Modelos Conceituais da Área Avaliada

Foram elaborados 2 modelos conceituais da área investigada: o Modelo Conceitual Preliminar, utilizando os resultados de campanhas anteriores e dados coletados em visitas técnicas preliminares à área de uma equipe da GEOKLOCK, da qual o aluno, autor deste TF, faz parte, e o Modelo Conceitual Confirmatório, utilizando os resultados da campanha de

detalhamento realizada pela GEOKLOCK Consultoria e Engenharia Ambiental no período de 2009-2010.

O Modelo Conceitual Preliminar da área sob investigação serviu como base para a continuação da avaliação ambiental, iniciada com avaliações de outras empresas, indicando as deficiências que a área apresentava, em termos de avaliação ambiental, e que precisavam ser desenvolvidas, culminando no Modelo Conceitual Confirmatório e na Avaliação de Risco realizada.

7.3.1. Modelo Conceitual Preliminar

A área investigada engloba dutos aéreos e subterrâneos de transporte de combustível e uma área de carregamento de caminhões.

A Área de Válvulas tem como atividade o transporte e a transferência de diesel e seu funcionamento data da década de 50.

A Base de Carregamento opera realizando carregamento de caminhões tanques, também desde a década de 50. No local são armazenados: diluente de tinta, solvente de borracha, óleo combustível e solvente médio em tanques aéreos.

A região está inserida na Bacia do Alto do Tietê e nas sub-Bacias: Billings-Tamanduateí e Penha-Pinheiros. O substrato geológico é representado por sedimentos inconsolidados pertencentes provavelmente ao Grupo Taubaté ou a depósitos sedimentares mais recentes, correlacionados a uma planície de inundação e a paleo-canais do antigo curso do rio ao norte da área.

As sondagens realizadas pela Empresa B não alcançaram o solo residual subjacente, derivado dos xistos do Complexo Embu. A nordeste da área em estudo predominam camadas argilosas com intercalações de lentes arenosas e na porção sudoeste ocorre um pacote arenoso com lentes argilosas sotopostas a um estrato de turfa.

O sentido do fluxo local é radial na porção nordeste e para leste no restante da área, sendo que o nível d'água encontra-se entre 2 e 5m.

O aquífero é de caráter livre e apresenta condutividade hidráulica média de 10^4 cm/s. A velocidade média do fluxo da água subterrânea é de 7 m/mês.

Segundo o relatório emitido pela Empresa A, a Base de Carregamento apresenta muitos pontos de vazamento de produto, alguns com perda de produto muito evidenciada e sem manutenção efetiva. O piso local está em mau estado de conservação, apresentando várias trincas e rachaduras. O contaminante que escoa pelo piso é captado por uma canaleta de drenagem, cujo estado de conservação também é ruim, o que favorece sua infiltração no solo. Já a Área de Válvulas, apresenta vazamentos significativos no local, sendo que o último ocorreu a em 2004 e o solo contaminado foi removido.

Durante a visita à área, os técnicos da Empresa A observaram pontos com vazamentos e produto impregnado no piso.

A Empresa B utilizou geofísica os métodos GPR-2D e SEVME e medições *in situ* de VOC no solo para a locação de 31 sondagens, executadas com trado manual. Foram instalados 12 poços de monitoramento com profundidade máxima de 8,3 m. A localização das sondagens e dos poços antigos pode ser observada na **Figura 7.3.1.1.** no **Anexo I**. Foram coletadas amostras de solo para análises de TPH, PAH, BTEX e metais Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Hg, Pb, Sb, Be, Se, Ag e V.

No solo foram detectados teores TPH (na faixa de óleo diesel), acima do valor de referência, nas sondagens TR-15, TR-22 e TR-23, nas profundidades de 2,0 e 3,6 m. Também foram detectado o composto Benzeno nas sondagens TR-15, TR-16 e TR-22, em concentrações acima do valor de referência da CETESB (2005). Entre os metais e os compostos de PAH, nenhum composto foi detectado acima dos valores de referência.

As maiores concentrações dos compostos orgânicos foram observadas na profundidade de 2,0 e 3,6 m, no mesmo horizonte onde foi encontrada uma argila orgânica preta (turfa), provavelmente devido ao elevado potencial de adsorção desta argila à compostos orgânicos.

Nas amostras de água subterrânea foram analisados TPH, PAH, SVOC, VOC e metais Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Hg, Pb, Sb, Be, Se, Ag, V, Ca, Mg, Na e K.

Foi detectado, acima dos valores de referência estabelecidos pela CETESB (2005), o composto orgânico Benzeno, nas amostras de água subterrânea coletadas nos poços PM-07 e PM-12.

Também foram detectados, acima dos valores de referência adotados, cromo dissolvido na amostra de água do PM-07, níquel dissolvido nas amostras de água dos poços PM-05 e PM-07 e chumbo dissolvido nas amostras de água dos poços PM-01, PM-05, PM-07, PM-08 e PM-14. Com exceção do PM-02, todos os outros poços apresentam concentrações de ferro e manganês dissolvidos, acima dos limites de referência adotados, em suas amostras, considerados como valores de *background* da área.

A água subterrânea apresenta caráter oxidante a montante e menos oxidante em direção a jusante.

Uma Avaliação de Risco à Saúde Humana foi realizada pela empresa C com o cenário de exposição apresentado na **Figura 7.3.1.2.** (**Anexo I**). Os parâmetros considerados como Compostos Químicos de Interesse (CQI) foram aqueles detectados, pelo menos uma vez, acima do valor de intervenção, conforme a tabela abaixo.

COMPARTIMENTO	Compostos Químicos de Interesse		
	INORGÂNICOS	ORGÂNICOS	
SOLO profundidade (m)	0,0 a 0,5 m	Cr, Cd, Ba e Pb	Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Dibenzo(a,h)antraceno
	0,5 a 6,0 m	Zn, Cd e Ba	Antraceno, Benzeno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Fenantreno, Indeno(1,2,3-c,d)pireno, Naftaleno, Tolueno e Xilenos
ÁGUA SUBTERRÂNEA	Pb, Cr, Ni, Fe e Mn	Benzeno	

Os riscos dos compostos em azul, para inalação de vapores e/ou partículas, não foram quantificados, pois não existem seus fatores: físico-químico de influência, constante de Henry e pressão de vapor.

Considerando a via de exposição aérea e inalação de vapores em ambientes abertos, o composto naftaleno, identificado no solo subsuperficial, ofereceu situação de risco carcinogênico.

O composto benzeno, identificado na água subterrânea e no solo subsuperficial, considerando os caminhos de exposição direta com a água subterrânea (ingestão e contato dérmico), oferece situação de risco toxicológico e carcinogênico. O mesmo vale para os compostos naftaleno e tolueno.

Para os demais cenários de exposição considerados não houve risco toxicológico ou carcinogênico.

7.3.2. Modelo Conceitual Confirmatório

Para atualização do modelo ambiental conceitual da área foram levados em consideração todos os dados históricos obtidos, a partir das avaliações ambientais já realizadas, incluindo a mais recente, onde foi contemplada execução de novas sondagens, instalação de novos poços de monitoramento e novas amostragens de solo e água subterrânea.

A área em questão é utilizada, essencialmente, para armazenamento de combustíveis, diluente de tinta e solvente de borracha, sem qualquer tipo de atividade produtiva, com a permanência de funcionários no local estreitamente relacionada a trabalhos de manutenção.

Conforme estudos geológicos e hidrogeológicos, conclui-se que a área localiza-se sobre o embasamento do Rift Continental do Sudeste do Brasil, sobreposto por sedimentos do Grupo Taubaté – Formação Resende, além de sedimentos quaternários recentes, compondo um depósito sedimentar, correlacionado a uma planície de inundação paleoaluvial dos afluentes do rio Tietê.

O fluxo de água subterrânea, na maior parte da área, é para oeste, mas ao norte da área é no sentido do rio ali presente, com a porção sudeste da área apresentando fluxo radial e a porção noroeste um divisor de água, conforme verificado na **Figura 7.1.2. (Anexo I)**. A velocidade média da água subterrânea é de aproximadamente 4,72 m/ano nos níveis mais rasos e 6,09 m/ano nos níveis mais profundos.

Nas amostras de solo coletadas na área avaliada, foram detectados, acima dos padrões de referência adotados, os seguintes compostos: TPH fracionado (em 2 sondagens) e Benzeno (em 2 sondagens). Dentre os metais foram detectados acima dos padrões de referência o Vanádio (em 12 sondagens) e Cromo VI (em 4 sondagens).

Nas amostras de água subterrânea coletadas na área avaliada, foram detectados, acima dos padrões de referência adotados os seguintes compostos: Benzeno (em 4 poços), Tolueno (em 1 poço), somatória de Xilenos (em 2 poços), somatória de TPH (em 2 poços), 1,2,4-Trimetilbenzeno (em 2 poços). Entre os metais dissolvidos foram detectados: Chumbo (em 2 poços), Arsênio (em 2 poços), Cádmio (em 2 poços), Níquel (em 4 poços), Berílio (em 1 poço), Ferro Total (em 18 poços) e Manganês (em 13 poços).

A condição hidroquímica das águas subterrâneas avaliadas, a partir da distribuição dos valores de pH e Eh, é condizente com a presença destes metais dissolvidos detectados, de acordo com os gráficos apresentados no **Anexo I**.

A partir dos dados analíticos de solo foi elaborada a seleção dos compostos de interesse nos solos superficiais e subsuperficiais, utilizados nos cálculos de transferência de dose para os receptores considerados. Os compostos selecionados para os cálculos de doses de ingresso a partir do solo superficial foram cromo hexavalente e vanádio. Os compostos selecionados no solo subsuperficial foram benzeno, TPH fracionado, cromo hexavalente e vanádio.

Ressalta-se que para os cálculos de transferência de dose, realizados para trabalhadores de eventuais obras, envolvidos em processos de escavações, foram consideradas as máximas concentrações provenientes das amostras coletadas.

A partir dos resultados de análise química das águas subterrâneas, foi elaborada a seleção dos compostos de interesse para a água subterrânea, proveniente dos poços rasos e profundos. Para os resultados analíticos dos metais foram selecionadas as maiores concentrações entre os metais dissolvidos e totais para cada substância.

Os compostos selecionados para os cálculos de doses de ingresso a partir da água subterrânea do aquífero freático superior (raso) foram: benzeno, tolueno, xilenos, TPH

fracionado, 1,2,4-Trimetilbenzeno, arsênio, cádmio, chumbo, cromo hexavalente, ferro, manganês, níquel e vanádio. Os compostos selecionados na água subterrânea do aquífero freático intermediário foram benzeno, arsênio, berílio, boro, cádmio, chumbo, cromo hexavalente, ferro, manganês, níquel e vanádio.

Os potenciais receptores *on site* identificados foram os operadores, que trabalham em 3 turnos, divididos em 8h/dia cada turno, e trabalhadores terceirizados, onde o expediente normal ocorre das 7:30 as 16:30h, também totalizando um período de 8 h/dia. Para trabalhadores específicos de obras, considera-se que os mesmos acompanham o expediente normal da unidade, contemplando período de trabalho de 8h/dia. Como o horário de funcionamento normal na área avaliada é das 7:30 as 16:30 horas, considera-se, para estes receptores, um período de exposição de 6 dias por semana e 48 semanas por ano.

Abaixo se encontra descrito cada receptor considerado:

- Operadores: funcionários que trabalham no prédio administrativo, trabalhadores que atuam em ambientes abertos e operadores que realizam manutenção na área estudada (que inclui uma área de bombas com edificação fechada, onde funcionários atuam em casos de manutenção).

- Trabalhadores de obras: de forma conservadora, considerando um cenário futuro, admitiu-se que estes potenciais receptores podem eventualmente realizar obras na área. Adotou-se um período máximo de 2 anos como tempo de duração para execução de obras.

Os potenciais receptores *off site* considerados são os trabalhadores da área e terceirizados que atuam nas unidades operacionais adjacentes, que são à:

- Oeste – área com edificações fechadas e de uso industrial e outras edificações atualmente desocupadas; e

- Sul – Prédios administrativos.

Como receptor físico há o rio que faz limite norte com a área. Em função da seleção de metais e compostos orgânicos nas águas subterrâneas do aquífero freático superior (raso e intermediário), foram realizadas simulações com o modelo analítico de transporte Domenico (Domenico e Robbins, 1985), considerando somente mecanismo de dispersão da pluma. Para isso, admitiram-se somente os poços cujo fluxo subterrâneo seja em direção ao rio, conforme mostrado no mapa potenciométrico local (**Figura 7.1.2., Anexo I**). Para estas simulações, estimaram-se as seguintes distâncias:

- 20m: distância entre PM-01, onde foi detectada a maior concentração de ferro no horizonte superior, e o rio;

- 45m: distância dos poços PM-08 e PM-240, onde foram identificadas as maiores concentrações, respectivamente, de chumbo e manganês no horizonte raso, e o rio;

- 70m: distância entre o PM-239A, local com as maiores concentrações de ferro, manganês, níquel e benzeno no horizonte intermediário, e o rio.

Com os resultados obtidos, admitindo-se somente dispersão das substâncias químicas, o modelo de transporte aplicado estimou que as concentrações de ferro e manganês, presentes no aquífero freático superior e intermediário, atingiriam concentrações superiores aos estabelecidos para o CONAMA 357 – Classe 3 para os referidos parâmetros. Contudo, o referido rio é de Classe 4 (CONAMA 357) e os valores de ferro e manganês são considerados como valores de *background* da região.

É importante lembrar que os resultados do modelamento de transporte não representam o incremento de ferro, manganês e chumbo no rio, somente uma estimativa de valores no ponto de exposição.

Como esta avaliação de risco foi conduzida com base nos cenários ambientais atuais e futuros de ocupação da área, foram considerados as vias de exposição aplicáveis ao cenário de ocupação industrial, uma vez que a mesma permanecerá sendo utilizada para esta finalidade.

Com base nos cenários avaliados e receptores considerados, confeccionou-se a **Tabela 7.3.2.1** que apresenta o modelo conceitual de exposição (MECL) para a área em avaliação, apresentada a seguir.

Tabela 7.3.2.1. Modelo de Exposição Conceitual Local (MECL)	
On Site	
Operadores	Ingestão e contato dérmico com o solo superficial
	Inalação de particulados provenientes do solo superficial
	Inalação de vapores orgânicos provenientes do solo e da água subterrânea em ambientes abertos
	Inalação de vapores orgânicos provenientes do solo em ambientes fechados
	Inalação de vapores orgânicos provenientes da água subterrânea em ambientes fechados
Trabalhadores de Obras	Ingestão e contato dérmico com o solo
	Inalação de particulados provenientes do solo
	Inalação de vapores orgânicos provenientes do solo e da água subterrânea
	Ingestão accidental e contato dérmico com a água subterrânea
Off Site	
Operadores e trabalhadores terceirizados das unidades adjacentes	Inalação de particulados do solo superficial (30m)
	Inalação de vapores orgânicos provenientes do solo em ambientes abertos (30m)
	Inalação de vapores orgânicos provenientes da água subterrânea em ambientes abertos (70m)
	Inalação de vapores orgânicos provenientes da água subterrânea em ambientes fechados (70m)

As distâncias analisadas para os receptores *off site* no MECL representam:

- 30 m: distância entre a área de maiores concentrações de CQI (área dos dutos - TR-16 e S-333) e as construções fixas;
- 70 m (inalação em ambientes abertos): extensão entre o local de máximas concentrações de CQI dissolvidas na água subterrânea (PM-234 e PM-239A) e as ocupações fixas mais próximas;
- 70 m (inalação em ambientes fechados): distância entre o PM-234 e a edificação mais próxima situada à jusante.

Para o caminho de inalação de vapores da água subterrânea em ambientes internos para construções situadas *off site*, foi utilizado o modelo de transporte DOMENICO para a estimativa da concentração no ponto de exposição (ambiente fechado *off site*).

O caminho de exposição que não se aplica ao cenário atual refere-se à ingestão direta de água subterrânea a partir do aquífero freático raso local, já que a água para abastecimento de serviços gerais na área avaliada é fornecida pela concessionária local e para consumo humano é utilizada água envasada.

A aplicabilidade das rotas de exposição foi avaliada conforme o atual cenário ambiental encontrado, considerou-se que o cenário atual se manterá no futuro, salvo a execução de obras em locais específicos da unidade, bem como a construção de edificações fechadas em quaisquer das áreas em avaliação, o que é contemplado no modelo conceitual apresentado. Desta forma, as premissas e cálculos de riscos adotados no presente trabalho podem ser adotados para cenários futuros de uso e ocupação industrial da área.

A via de ingestão direta de águas subterrâneas para os operadores não é considerada e os riscos não foram quantificados, uma vez que a água potável utilizada para fins de consumo humano, nas instalações internas da área, é de água envasada e o poço PC-01, localizado à 160m da área investigada, do outro lado do rio, está desativado.

Embora todas as medidas de segurança e saúde ocupacional sejam adotadas em casos de execução de obras que envolvam escavações em toda a área avaliada, com o intuito de avaliar o risco para ingestão accidental de água subterrânea por trabalhadores de obras, foi conduzida uma avaliação de risco hipotética para ingestão accidental e contato dérmico com as águas subterrâneas por trabalhadores de obras. Com isso, o caminho de contato dérmico com a água também foi avaliado.

Para as quantificações dos riscos à exposição por ingestão accidental e contato dérmico com a água subterrânea, foram utilizadas as máximas concentrações das

substâncias químicas relevantes nas águas do aquífero freático superior, ou seja, dos poços de monitoramento rasos.

Em relação ao caminho de contato dérmico com a água, foram utilizadas as maiores concentrações de metais dissolvidos, selecionados como ambientalmente relevantes, e para a ingestão accidental de água subterrânea, utilizou-se as máximas concentrações dentre os metais totais e dissolvidos.

Com base neste Modelo Conceitual, que considerou a Avaliação de Risco realizada, foi elaborada a **Tabela 7.3.2.2** resumindo as principais conclusões das vias que apresentaram risco à saúde humana, apresentada a seguir.

Tabela 7.3.2.2. Resumo do Modelo Conceitual Confirmatório					
Receptor	Via de exposição		Local na área avaliada	CQI	Conclusões
Operadores	Solo	Ingestão	Área dos Tanques, Base de Carregamentos, Dutos e Área de Válvulas	Cromo hexavalente e Vanádio	Existência de potencial risco carcinogênico e tóxico
		Contato dérmico	Base de Carregamentos (PM-234) e Dutos (PM-12)	TPH alifáticos	Potencial risco tóxico em ambientes fechados, a 70 m a jusante dos poços
Trabalhadores de Obras	Solo	Ingestão	Base de Carregamentos e Área de Válvulas	Cromo hexavalente e Vanádio	Potencial risco carcinogênico e tóxico, porém seguindo os procedimentos de segurança e saúde ocupacional tal risco é eliminado
		Contato dérmico	Base de Carregamentos e Área de Válvulas	Benzeno e Arsênio	Existência de potencial risco carcinogênico, porém seguindo os procedimentos de segurança e saúde ocupacional tal risco é eliminado
8. Interpretações e Discussões dos Resultados					

Primeiramente, comparando-se os dois modelos conceituais elaborados, nota-se um desenvolvimento e detalhamento da rede de fluxo da água subterrânea da área avaliada, pois na avaliação preliminar, realizada pela Empesa B, o sentido do fluxo local era radial na porção nordeste e para leste no restante da área. No modelo conceitual confirmatório o fluxo, na maior parte da área, é para oeste, mas ao norte da área é no sentido do rio ali presente, com a porção sudeste da área apresentando fluxo radial e a porção noroeste um divisor de água.

No Modelo Conceitual Preliminar, a água subterrânea apresentava caráter oxidante a montante e menos oxidante em direção a jusante, de acordo com o levantamento do

histórico da área. Já o Modelo Conceitual Confirmatório, apresenta características mais oxidantes nos poços próximos ao rio, ao norte da área, e nas proximidades da base de carregamento sendo que o restante da área apresenta características menos oxidantes.

A condutividade média constatada na avaliação preliminar foi de 10^{-4} cm/s e na confirmatória foi de 10^{-6} cm/s, com velocidades médias das águas subterrâneas de 84m/ano e 4,72m/ano, respectivamente. Tal diferença de velocidades observada é explicada pelo aumento das informações geradas, mediante instalação de novos poços pela GEOKLOCK, permitindo, assim, o detalhamento para o cálculo da velocidade seguindo a linha principal do fluxo. Já a pouca quantidade de poços da campanha preliminar causou uma grande generalização do fluxo das águas subterrâneas e um enviesamento das velocidades calculadas. Com o detalhamento da velocidade da águas subterrâneas, o transporte de contaminante pode ser melhor calculado, assim como, o dimensionamento de um possível sistema de remediação.

De acordo com os resultados analíticos obtidos, a avaliação preliminar detectou, acima dos padrões de referência adotados, no solo: TPH; e na água subterrânea: benzeno, níquel, chumbo, ferro e manganês. Já na análise confirmatória foi encontrado, acima dos padrões de referência adotados, no solo: TPH e benzeno, vanádio e cromo hexavalente; e na água subterrânea: benzeno, tolueno, somatória de xilenos, TPH e 1,2,4-trimetilbenzeno. Este levantamento é importante, pois a identificação dos contaminantes, de acordo com a norma ASTM E 1689-95, é o segundo procedimento a ser adotado para a confecção de um modelo conceitual de uma área e também por ter refinado a Avaliação de Risco, mediante ao detalhamento dos compostos ambientalmente relevantes para a área.

Com relação à comparação entre as avaliações de risco elaboradas em ambas etapas, preliminar e confirmatória, observou-se que a avaliação de risco preliminar não considerou a via de inalação em ambientes fechados. Devido ao aumento da área investigada e do número de amostras coletadas de solo e água subterrânea, a Avaliação de Risco da etapa confirmatória resolveu considerar tal via de exposição devido a existência de edificações (ambiente fechado) nas proximidades.

O Modelo Conceitual Preliminar concluiu risco carcinogênico para operadores e trabalhadores de obras, com via de exposição sendo a inalação de vapores em ambiente aberto, provenientes do solo subsuperficial, para o composto naftaleno. Para a via de exposição de ingestão e contato dérmico com a água subterrânea, os CQI benzeno, naftaleno e tolueno apresentaram risco carcinogênico e toxicológico.

Já o Modelo Conceitual Confirmatório, que pode ser visto resumidamente na **Tabela 7.3.2.2** (no item 7.3.2.), concluiu a existência de potencial risco carcinogênico e tóxico para os operadores, proveniente dos caminhos de ingestão e contato dérmico com o solo associado às concentrações de cromo hexavalente e vanádio, detectadas nos solos superficiais das áreas dos tanques, base carregamento, dutos e proximidades da área de

válvulas. No entanto, os trabalhadores locais que atuam em ambientes abertos utilizam EPI apropriados, eliminando esse potencial risco.

Os resultados também indicaram potencial risco para a via de inalação de vapores em ambientes internos pelos operadores situados *on site* e em edificações fechadas localizadas a 70m a jusante. O risco deriva das concentrações de TPH alifático >C6-C8 dissolvida na água do aquífero freático raso das imediações da base de carregamento (PM-234) e nos dutos (PM-12).

Também foi concluída presença de potencial risco carcinogênico e tóxico aos trabalhadores de obras, relacionado à ingestão e contato dérmico com os solos, em função das concentrações de cromo hexavalente e vanádio, detectadas nos solos superficiais e subsuperficiais da área investigada. Contudo, considera-se que, em caso de obras, todos os procedimentos de segurança e saúde ocupacional cabíveis serão adotados por parte dos profissionais envolvidos, de forma a eliminar o potencial risco supracitado.

Por fim, a avaliação do cenário hipotético de ingestão accidental de água subterrânea por trabalhadores de obras, no caso de escavações que atinjam o aquífero raso local, indicou potencial risco carcinogênico derivado da somatória dos riscos individuais de benzeno e arsênio. Ainda em relação aos trabalhadores de obras, não foram verificados riscos associados ao contato dérmico com a água. Para este cenário, também se considerou que no caso de obras todos os procedimentos de segurança e saúde ocupacional serão adotados, de forma a eliminar este potencial risco.

9. Conclusões

Mediante a realização dos procedimentos de investigação ambiental na área avaliada, que seguiu a referência CETESB (2007), primeiramente foi elaborado um Modelo Conceitual Preliminar, no qual se considerou informações de campanhas de investigações realizadas por outras empresas. Em seguida, após uma campanha confirmatória, realizada pela GEOKLOCK, elaborou-se o Modelo Conceitual Confirmatório, que é um modelo conceitual evoluído do primeiro. Ambos foram comparados, a fim de demonstrar tal evolução.

As principais diferenças observadas foram:

- Expansão da área investigada;
- Evolução e aumento dos resultados analíticos obtidos;
- Desenvolvimento e detalhamento da rede e da velocidade média de fluxo da água subterrânea da área avaliada;
- Desenvolvimento de interpretações geoquímicas; e
- Evolução na Avaliação de Risco.

As diferenças citadas acima encontram-se descritas no item 8 desta Monografia.

Um resumo do Modelo Conceitual Confirmatório, elaborado neste trabalho de formatura, de acordo com ASTM (2003), segue abaixo:

- A área investigada engloba dutos aéreos e subterrâneos de transporte de combustível, uma área de carregamento de caminhões e uma área de válvulas para transferência de diesel, com funcionamento datando da década de 50. Nos locais são armazenados: diluente de tinta, solvente de borracha, óleo combustível e solvente médio; e apresenta muitos pontos de vazamento de produto, com piso local em mau estado de conservação e inúmeros pontos de vazamentos.

- Os compostos detectados acima dos padrões de referência adotados foram: no solo: TPH, benzeno, vanádio e cromo hexavalente; e na água subterrânea: benzeno, tolueno, somatória de xilenos, TPH, 1,2,4-trimetilbenzeno, níquel, chumbo, ferro e manganês;

- Os Backgrounds estabelecidos foram para os compostos ferro e manganês, devido aos resultados estarem distribuídos por toda área avaliada e não haver indícios de contribuição antrópica para uma possível contaminação;

- As vias de exposição e os receptores considerados estão resumidos na **Tabela 7.3.2.1.**, no item 7.3.2. desta Monografia.

Uma grande melhoria foi observada com a confecção do Modelo Conceitual Confirmatório em relação ao Preliminar, o que já era esperado, e tal melhoria pode ser explicada pela evolução do modelo conceitual da área avaliada, que inclui, basicamente, aumento de informações e diferenças no procedimento de avaliação de risco, uma vez que novos dados foram introduzidos e diferentes empresas realizaram a avaliação de risco.

Cabe aqui ressaltar que na avaliação de risco, como em qualquer avaliação, há premissas que precisam ser assumidas e valores representativos que devem ser definidos. Estas premissas e definições são denominadas "incertezas do processo de avaliação de risco", e geralmente são estabelecidas conservadoramente, de modo a garantir uma superestimativa dos riscos ou dos índices de perigo durante a definição do cenário de exposição mais adequado. As incertezas no processo de avaliação são: a seleção dos locais de amostragem durante a investigação, os limites de detecção dos compostos, o modelo de exposição conceitual, seleção de valores de frequência de exposição, os valores de toxicidade e a somatória dos riscos ou dos índices de perigo para diversas substâncias.

Com a avaliação ambiental realizada neste TF, juntamente com o último Modelo Conceitual elaborado, podemos concluir que o problema ambiental envolvendo a área investigada não se encontra completamente conhecido.

Existem problemas referentes a delimitações das zonas de ocorrências dos compostos de interesse, tanto horizontal quanto vertical, no solo e na água subterrânea. Este fato impede que sejam adequadamente dimensionadas as possíveis contaminações e, consequentemente, um possível e eficaz projeto de intervenção.

Conclui-se que, apesar da grande evolução do Modelo Conceitual da área avaliada, elaborado neste TF, ainda existe a necessidade de uma campanha de detalhamento, a fim de delimitar eficientemente as zonas de ocorrências dos compostos de interesse citadas acima, assim como, consequentemente, a definição de possíveis medidas de intervenção e, se necessário, um projeto de remediação.

Portanto, as recomendações para a área são:

- Monitoramento analítico das águas subterrâneas do local, destacando-se para o uso de limites de detecção apropriados (menores) para as análises de VOC e SVOC.
- A realização de análises químicas adequadas, para identificar os compostos específicos presentes nas faixas TPH alifático >C₆-C₈, e suas concentrações individuais, com vistas à revisão de análise de risco e definição metas de intervenção mais específicas, caso necessárias.
- A não utilização das águas subterrâneas do aquífero local para fins de consumo humano.
- Caso ocorram obras que incluam escavações na área investigada, todos os procedimentos de saúde ocupacional (utilização de equipamentos de proteção individual) deverão ser adotados para os trabalhadores envolvidos, com a finalidade de evitar o contato direto com os solos e as águas subterrâneas da área avaliada.
- Delimitar as plumas de contaminação e os mapas de isoconcentração, mediante novas sondagens e poços de monitoramento nas imediações dos locais onde foram detectados compostos acima dos valores de referência adotados.
- Para as concentrações de metais que ficaram bem próximas aos limites de referência propõe-se nova campanha de amostragem, pois isto pode causar enviesamento nos dados utilizados para a avaliação de risco.
- Como a Análise de Risco realizada considerou que a área avaliada continuará sendo utilizada para fins industriais, qualquer mudança em relação ao cenário considerado no MECL implica em nova condição de exposição, e, portanto, na necessidade de reavaliação dos riscos.

10. Referências Bibliográficas

- ABNT NBR 15492. 2007. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental. 31p.
- ABNT NBR 15495-1. 2007. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e construção. Versão Corrigida. 25p.
- ABNT NBR 15847. 2010. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga. 15p.
- ASTM. 2006. American Society for Testing and Materials. ASTM D 5903-96 (2006) - Standard Guide for Planning and Preparing for a Groundwater Sampling Event.
- ASTM. 2003. American Society for Testing and Materials. ASTM E 1689-95 (Reapproved 2003): Standard Guide for Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites.
- ASTM. 2002. American Society for Testing and Materials. ASTM D 6771-02: Standard Practice for Low-Flow Purging and Sampling for Wells and Devices Used for Ground-Water Quality Investigations.
- BIGARELLA & SALAMUNI. 1962. Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. *Boi. Univ. Fed. Paraná. Geologia*, 7:1-164.
- CETESB. 1987. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água
- CETESB. 1988. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Norma 06.010 – Amostragem e Monitoramento de Águas Subterrâneas. Anexo A - Orientação para Coleta de Amostras. p. 10 – 21. Atualizado em 1999.
- CETESB. 2001. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas. 2^a Edição. São Paulo: CETESB/GTZ, 2001.
- CETESB. 2005. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Manual de Gerenciamento de áreas contaminadas. Decisão de Diretoria 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.

CETESB. 2006. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Decisão de Diretoria Nº 010-2006-C, de 26 de Janeiro de 2006 - ANEXO IV, item 3.7.

CETESB. 2007. Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas. Decisão de Diretoria Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007. São Paulo.

COIMBRA A.M., RICCOMINI, C., SANT'ANNA L.G., VALARELLI J.V. 1996. Bacia de Curitiba: estratigrafia e correlações regionais. *In: SBG, Congr. Bras. Geol.*, 39, Salvador, *Anais*, 1:135-137.

CONAMA 357. 2005. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

DAEE. 2005. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. Escala 1:1.000.000.

DOMENICO, P.A., ROBBINS, G. A. 1985. *A New Method of Contaminant Plume Analysis. Groundwater*. v. 23, n. 4, p. 476-485.

EMPRESA A. 2006. Relatório Técnico Final de Identificação de Áreas Potencialmente Impactadas e de Práticas Potencialmente Geradoras e Áreas Impactadas. 129p. São Paulo.

EMPRESA B. 2007. Relatório de Diagnóstico Geoambiental e Avaliação de Risco à Saúde Humana Volume I e II.

FERRARI A. & SILVA M.A.M. 1997. Bacia do Macacu (RJ): proposta de uma nova bacia do Rift Continental do Sudeste do Brasil. *In: SBG, Simp. Geol. Sudeste*, 5, Itatiaia, *Atas*, p.32-34.

FETTER C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. Third Edition. New Jersey, 691p.

GEOKLOCK, 2006. GEOKLOCK Consultoria e Engenharia Ambiental Ltda. Conceitos sobre parâmetros *in situ* - Treinamento interno. 11p. GEOKLOCK, São Paulo.

GEOKLOCK, 2010. GEOKLOCK Consultoria e Engenharia Ambiental Ltda. Diagnóstico Geoambiental e Avaliação de Risco a Saúde Humana. 1089 p. São Paulo

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN, 2005. Atlas of Eh-pH diagrams - Intercomparison of thermodynamic databases. Geological Survey of Japan - Open File Report Nº 419. 285p.

HASUI Y., CARNEIRO C.D.R., COIMBRA A.M. 1975. The Ribeira Folded Belt. *Rev. Bras. Geoc.*, 5:257-266.

IPT. 1981. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala: 1:500.000. IPT, São Paulo.

JANASI V.A. & ULRICH H.H.G.J. 1991. Late Proterozoic granitoid magmatism in the State of São Paulo, southeastern Brazil. *Precambrian Research*, 51:351-374.

LISTA HOLANDESA. 2008. VROM - Ministerie Vanvolkshuisvesting Ruimtelijke Ordering en Milieubeheer. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. Soil Remediation Circular 2006, as amended on 1 October 2008.

MELO M.S. 1990. *A Formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 211 p.

NÚCLEO UNIÃO PRÓ-TIETÊ. 2006. A Bacia do Alto Tietê. Disponível em: http://www.rededasaguas.org.br/nucleo/alto_tiete.htm. Acessado em: 15/03/2010.

PERROTTA M.M.; SALVADOR E.D.; LOPES R.C.; D'AGOSTINO L.Z.; PERUFFO N.; GOMES S.D.; SACHS L.L.B.; MEIRA V.T.; LACERDA FILHO J.V. 2005. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:750.000. CPRM, São Paulo.

RICCOMINI C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 256p.

SANT'ANNA L.G. & RICCOMINI C. 2001. Cimentação Hidrotermal em Depósitos Sedimentares Paleogênicos do Rift Continental do Sudeste do Brasil: Mineralogia e Relações Tectônicas. *Rev. Bras. Geoc.*, 31(2):231-240.

USEPA. 1996. United States Environmental Protection Agency (EPA). Soil Screening Guidance: Technical Background Document Tables of Contents. Document Number: EPA/540/R-95/128, July 1996.

USEPA. 2010. United States Environmental Protection Agency (EPA) e Oak Ridge National Laboratory (ORNL). Regional Screening Levels for Chemical Contaminants at Superfund Sites. May 2010. Sumary Table. <http://www.epa.gov/region09/superfund/prg/>

ANEXO I - FIGURAS

Figura 4.1.1. Principais instalações da área investigada.

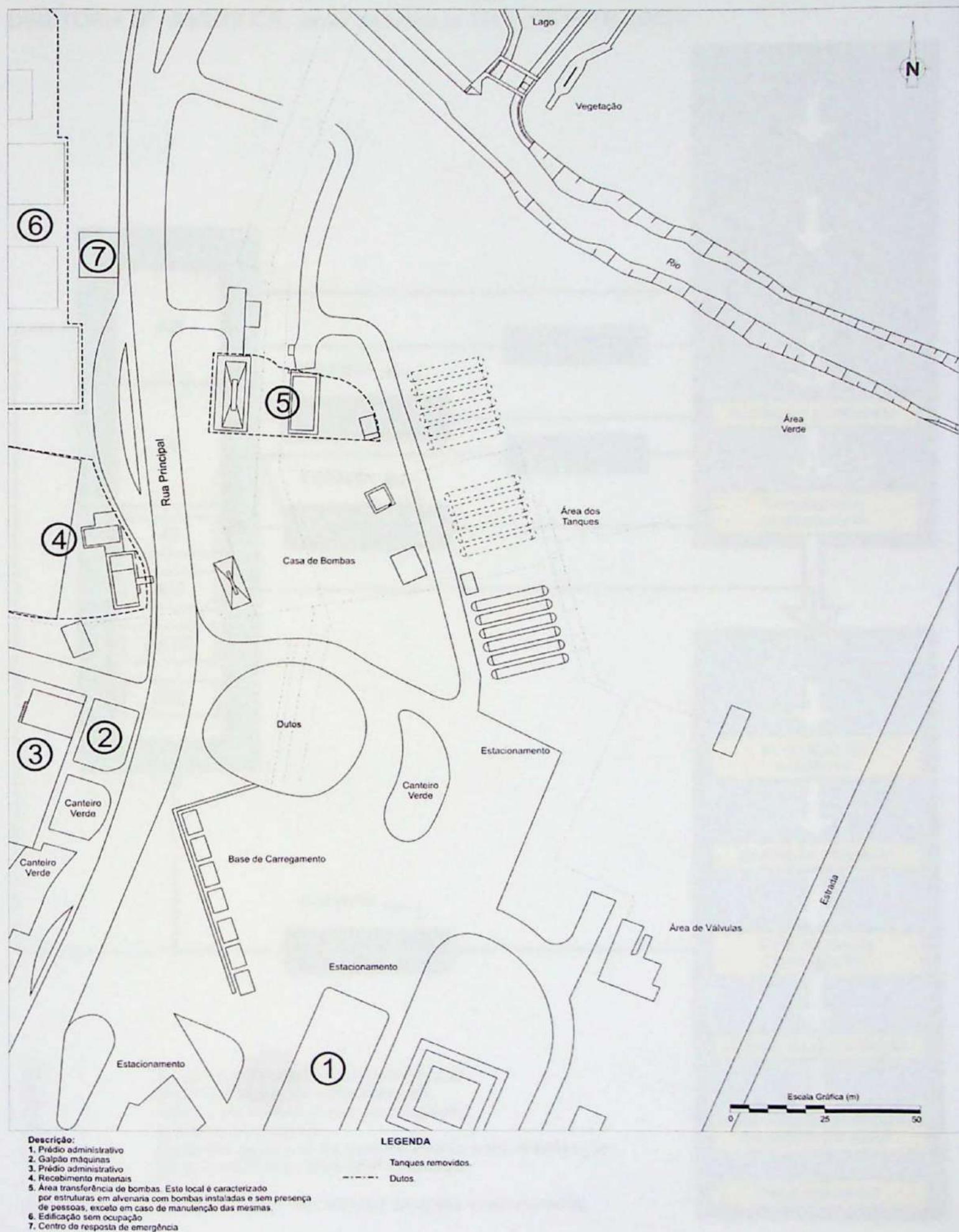


Figura 4.5.1. Fluxograma do gerenciamento de áreas contaminadas. Fonte: DECISÃO DE DIRETORIA Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007 (CETESB, 2007).

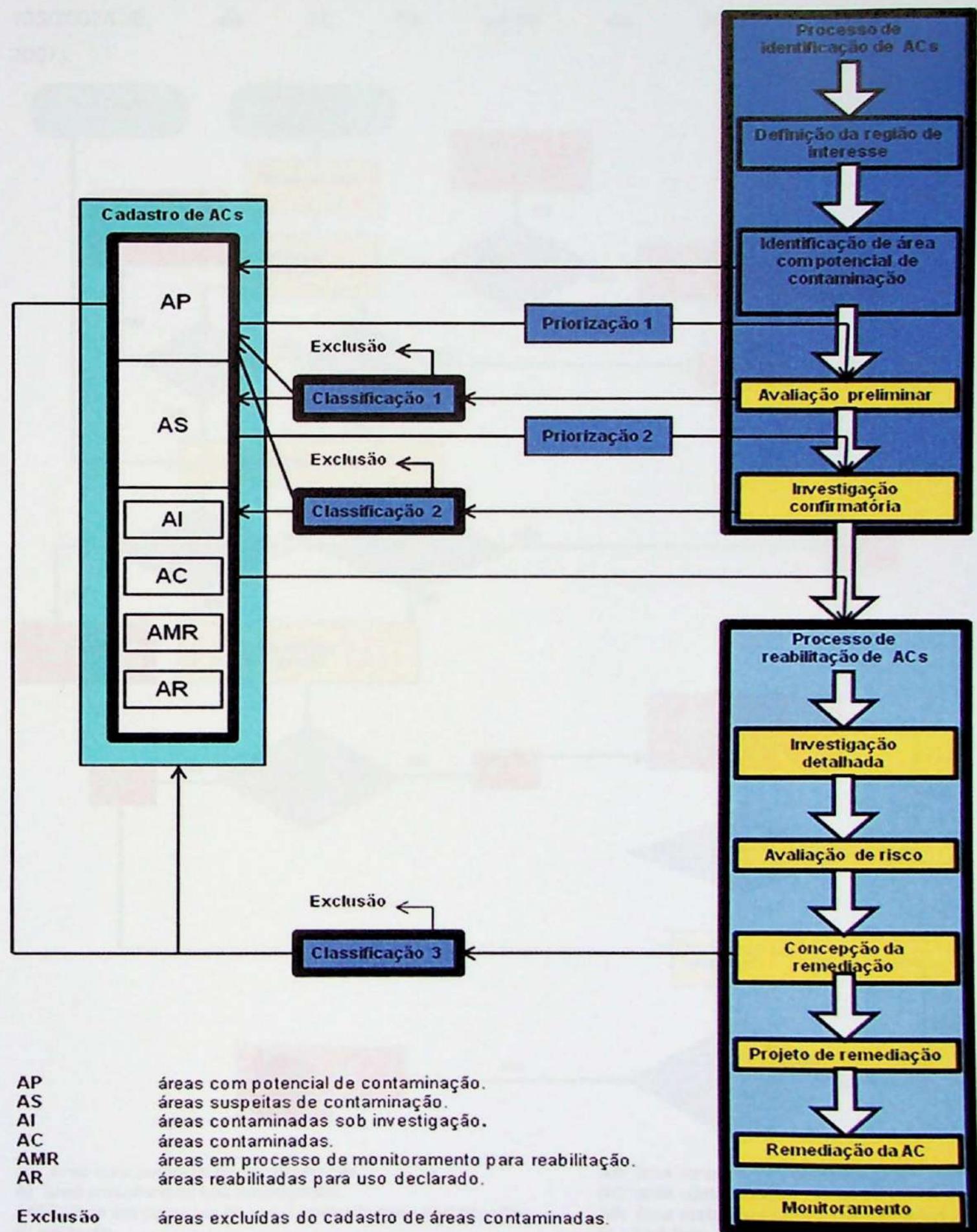
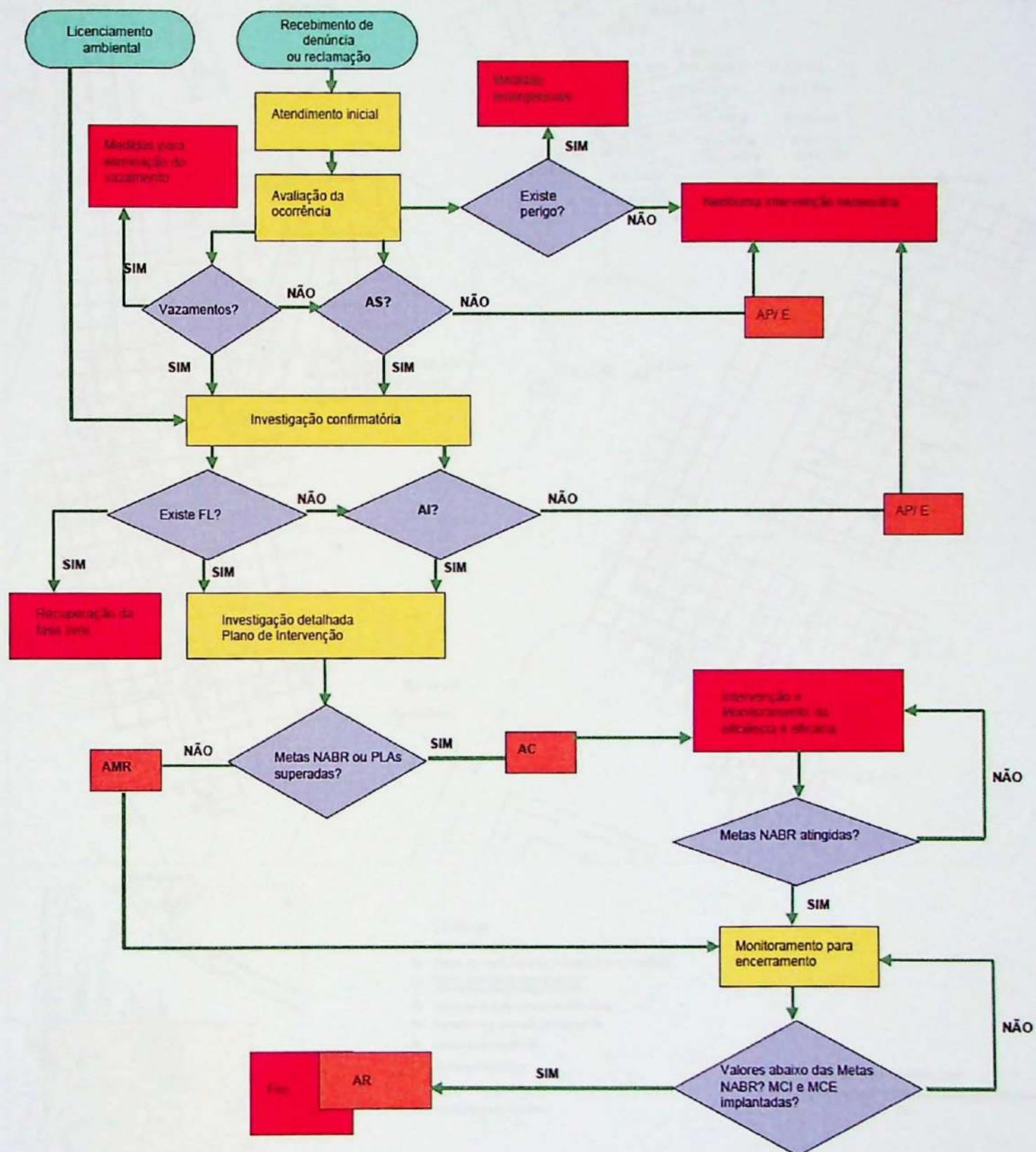


Figura 4.5.2. Procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas relacionadas a postos e sistemas retalhistas de combustíveis. Fonte: DECISÃO DE DIRETORIA Nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007 (CETESB, 2007).



AP: área com potencial de contaminação

AI: área contaminada sob investigação

AMR: área em processo de monitoramento para reabilitação

E: exclusão

MCE: medidas de controle de engenharia

NABR: níveis aceitáveis baseados em risco

AS: área suspeita de contaminação

AC: área contaminada

MCI: medidas de controle institucional

PLAs: padrões legais aplicáveis

Figura 6.1.1. Mapa da área investigada mostrando o levantamento geofísico realizado.

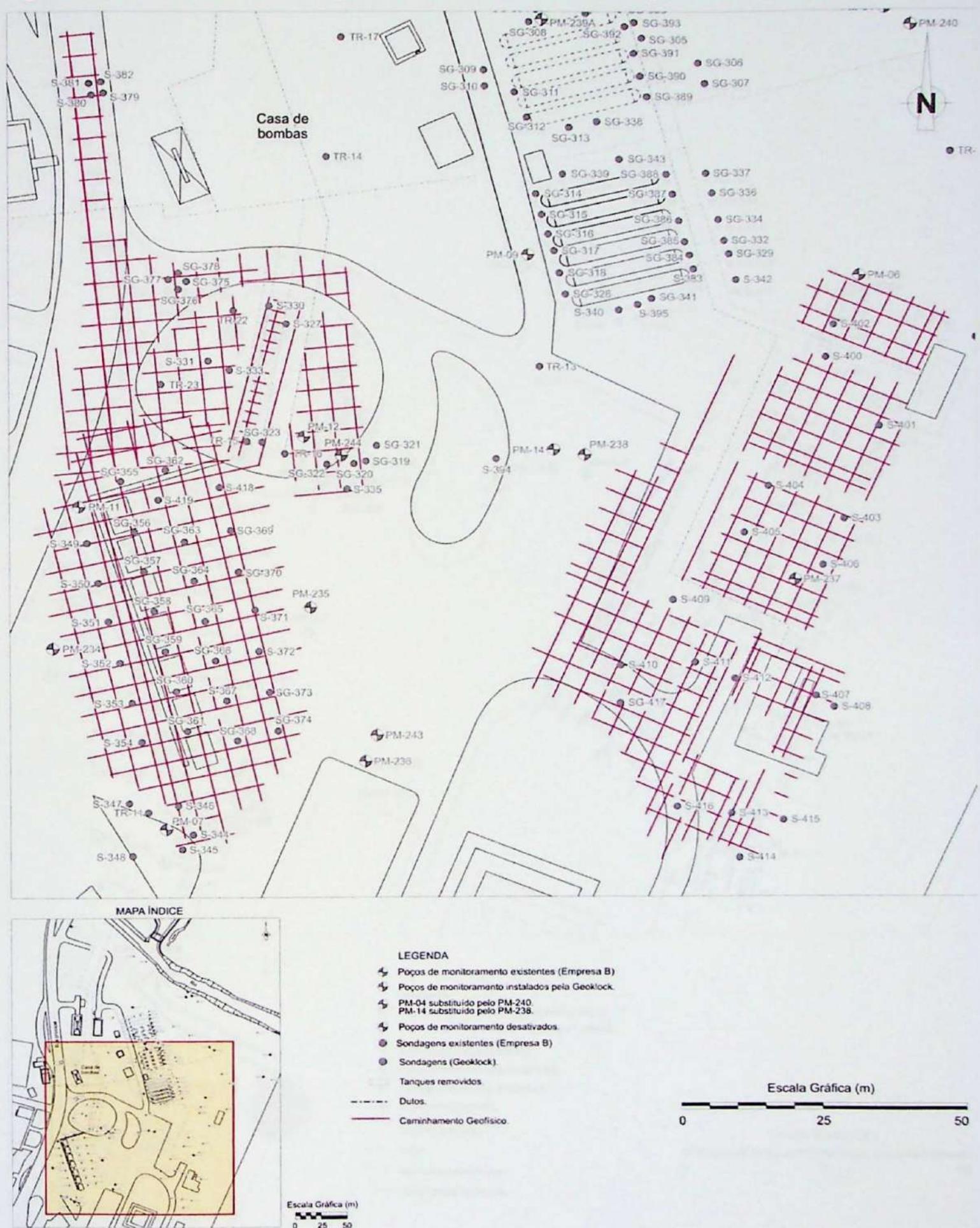


Figura 6.1.2. Mapa da área investigada mostrando as interferências geofísicas detectadas.

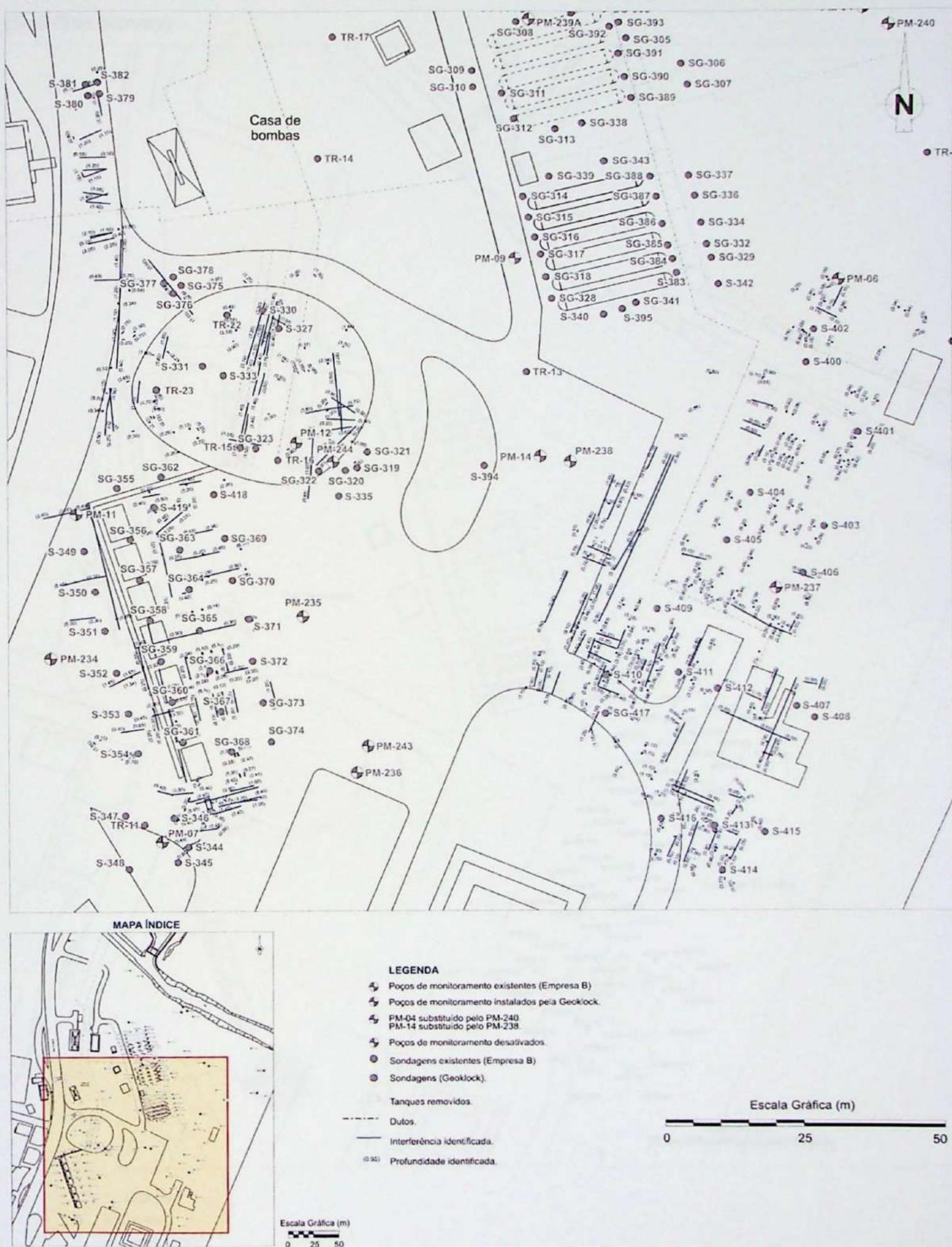
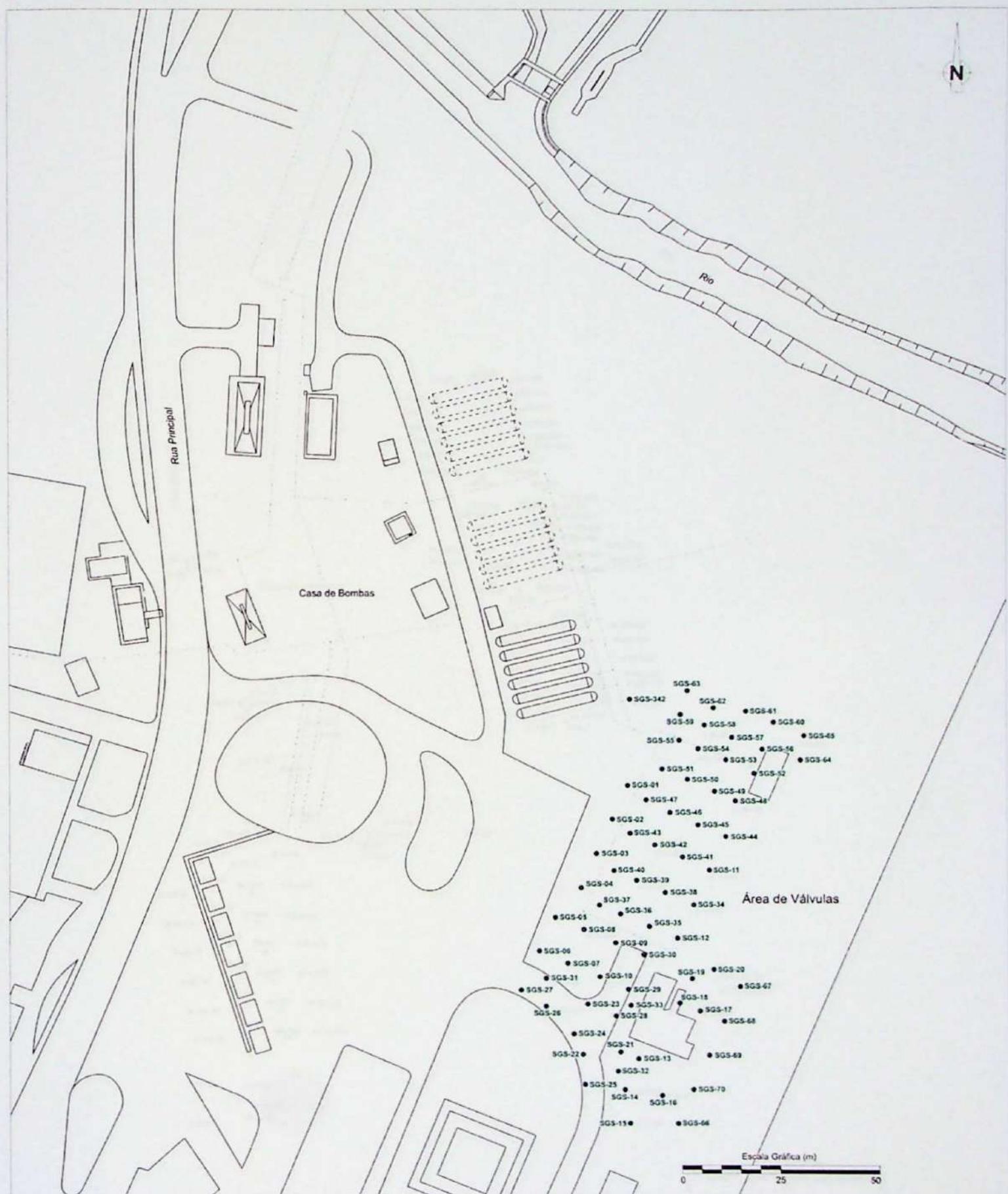


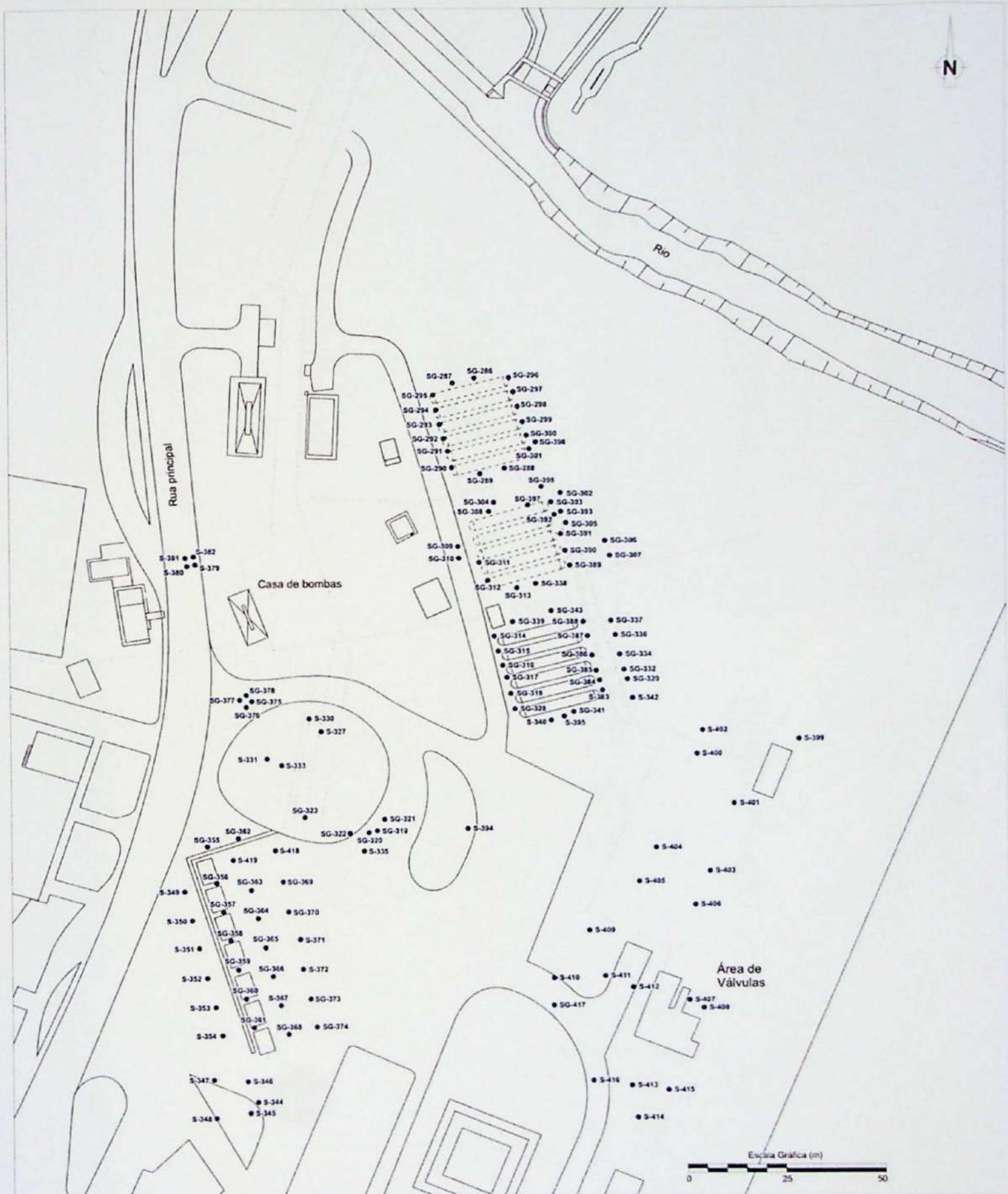
Figura 6.2.1. Mapa da área investigada com a locação dos pontos denominados de SGS (Soil Gas Survey)



LEGENDA

- Soil Gas.
 - Tanques removidos.
 - - - Dulos.

Figura 6.2.2. Mapa da área investigada com a locação de todas as sondagens investigativas realizadas.

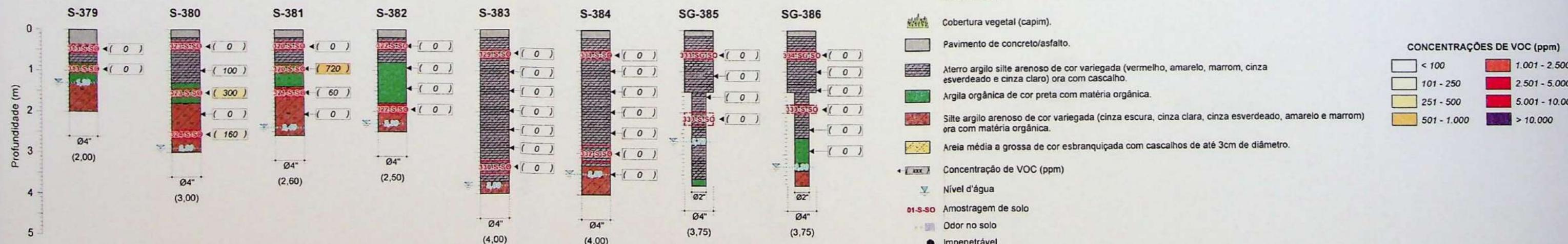
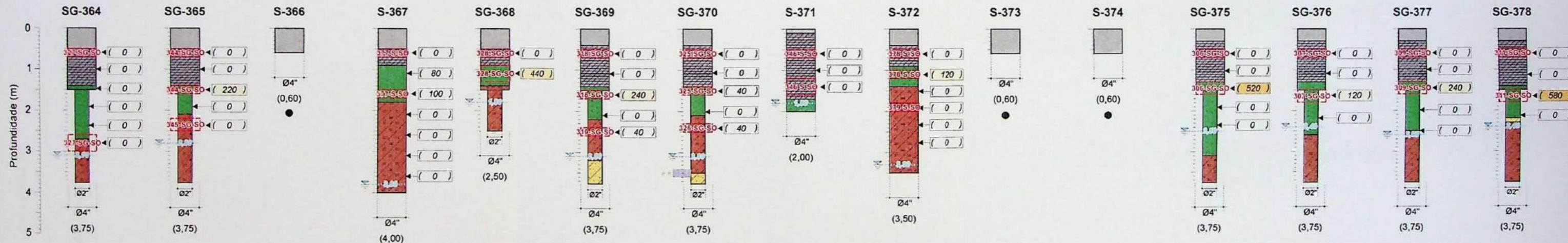
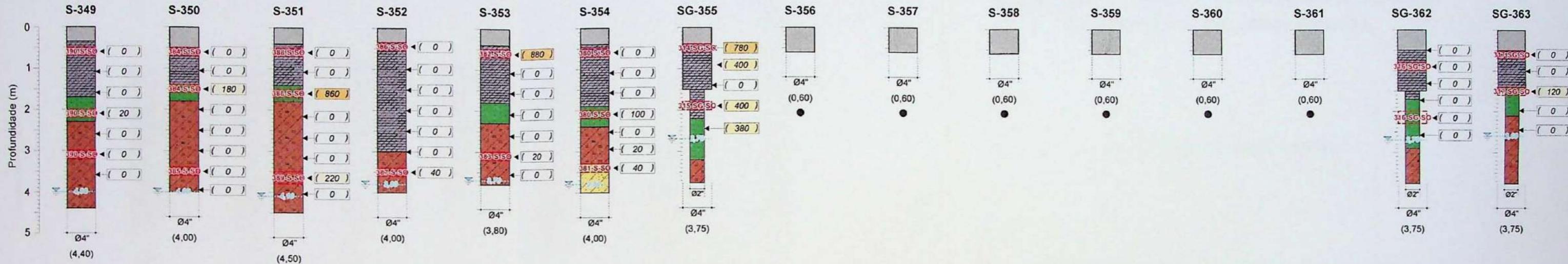
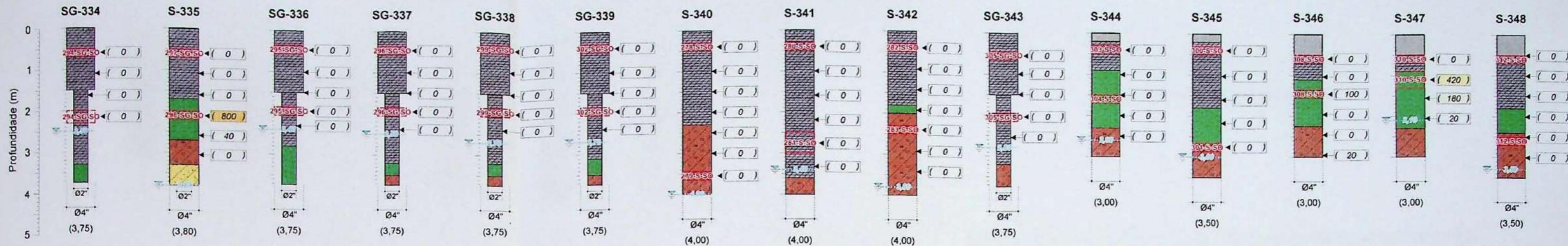


LEGENDA

- Sondagens
 - Tanques removidos
 - - - Dutos

Figura 6.2.3. Perfis litológicos das sondagens investigativas, com suas medições de VOC.





LEGENDA

- Cobertura vegetal (capim).
- Pavimento de concreto/asfalto.
- Aterro argilo siltarenoso de cor variegada (vermelho, amarelo, marrom, cinza esverdeado e cinza claro) ora com cascalho.
- Argila orgânica de cor preta com matéria orgânica.
- Silte argilo arenoso de cor variegada (cinza escura, cinza clara, cinza esverdeado, amarelo e marrom) ora com matéria orgânica.
- Areia média a grossa de cor esbranquiçada com cascalhos de até 3cm de diâmetro.
- Concentração de VOC (ppm)
- Nível d'água
- Amostragem de solo
- Odor no solo
- Impenetrável

CONCENTRAÇÕES DE VOC (ppm)
< 100
101 - 250
251 - 500
501 - 1.000
> 1.000

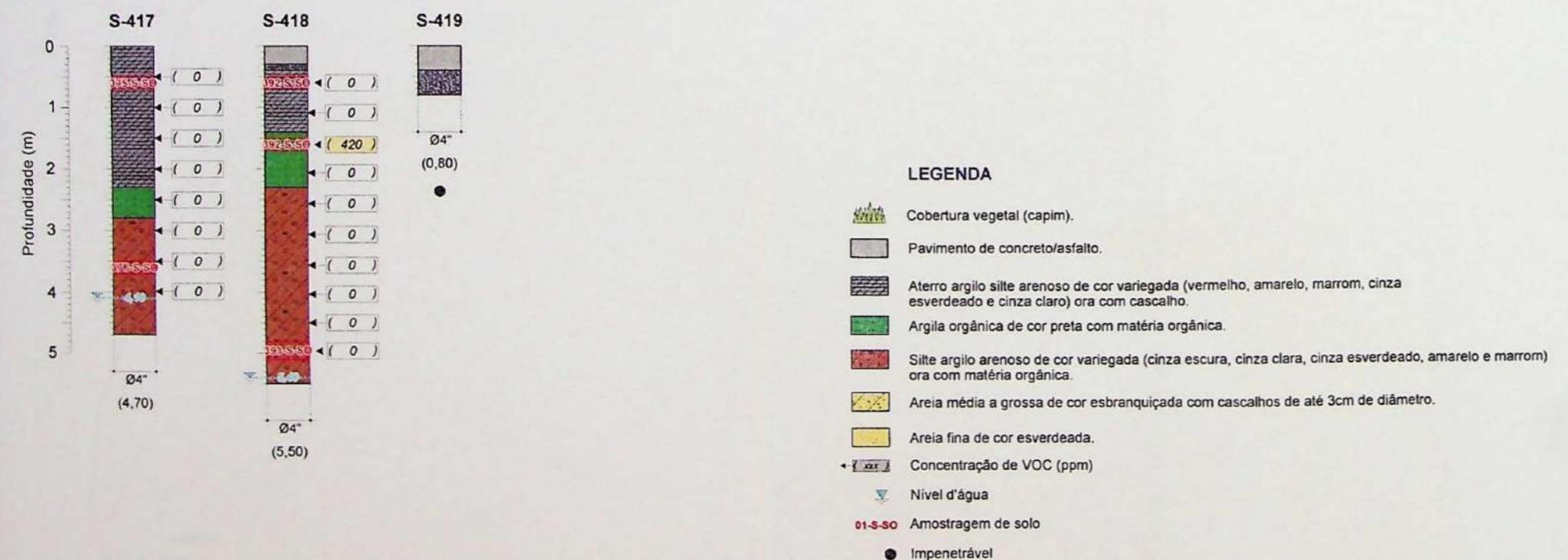
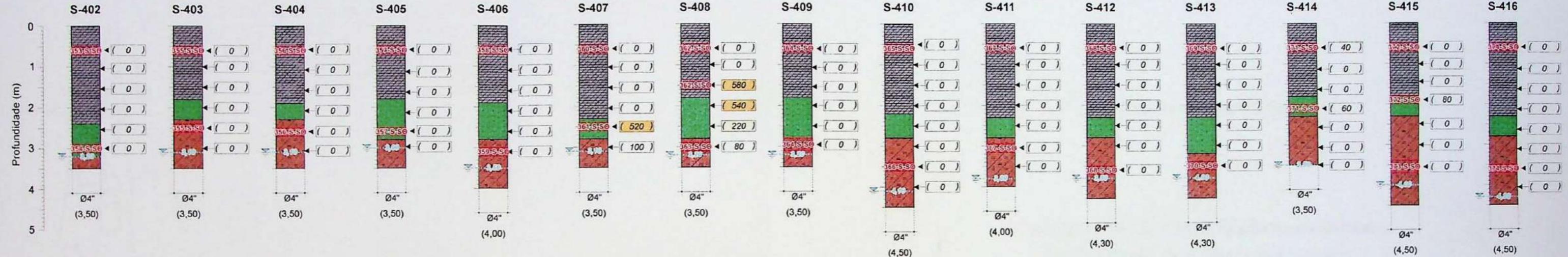
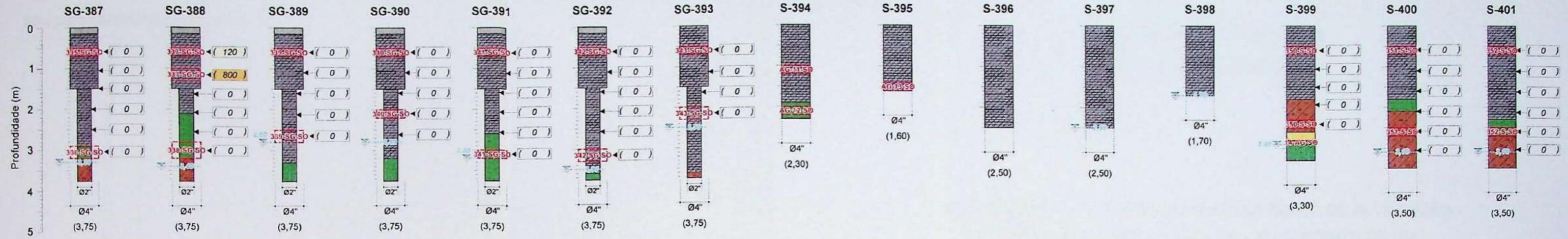


Figura 6.4.1. Mapa da área investigada com a localização dos pontos de amostragem de solo para caracterização geotécnica.

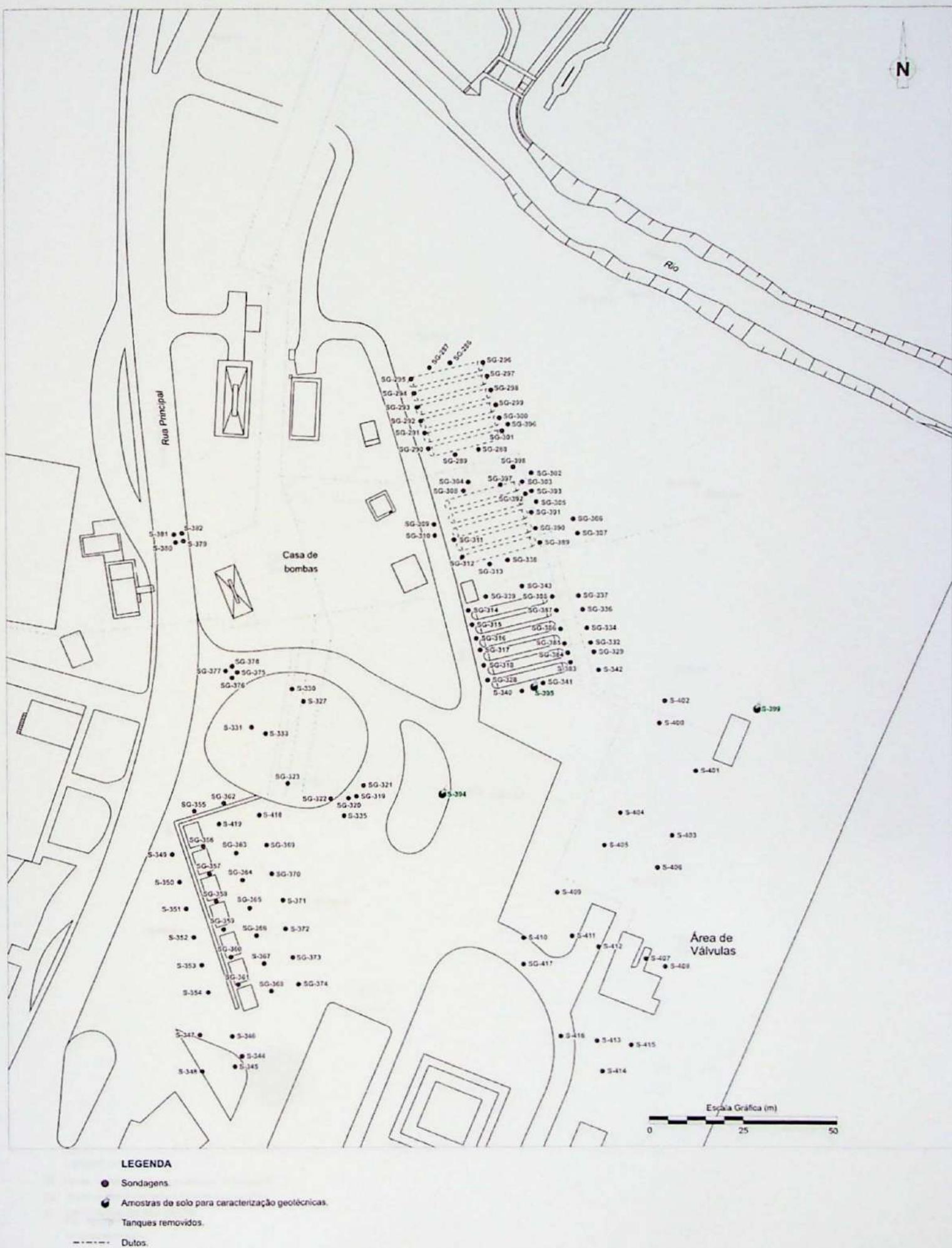


Figura 6.5.1. Mapa da área investigada com a localização dos poços de monitoramento instalados e existentes.

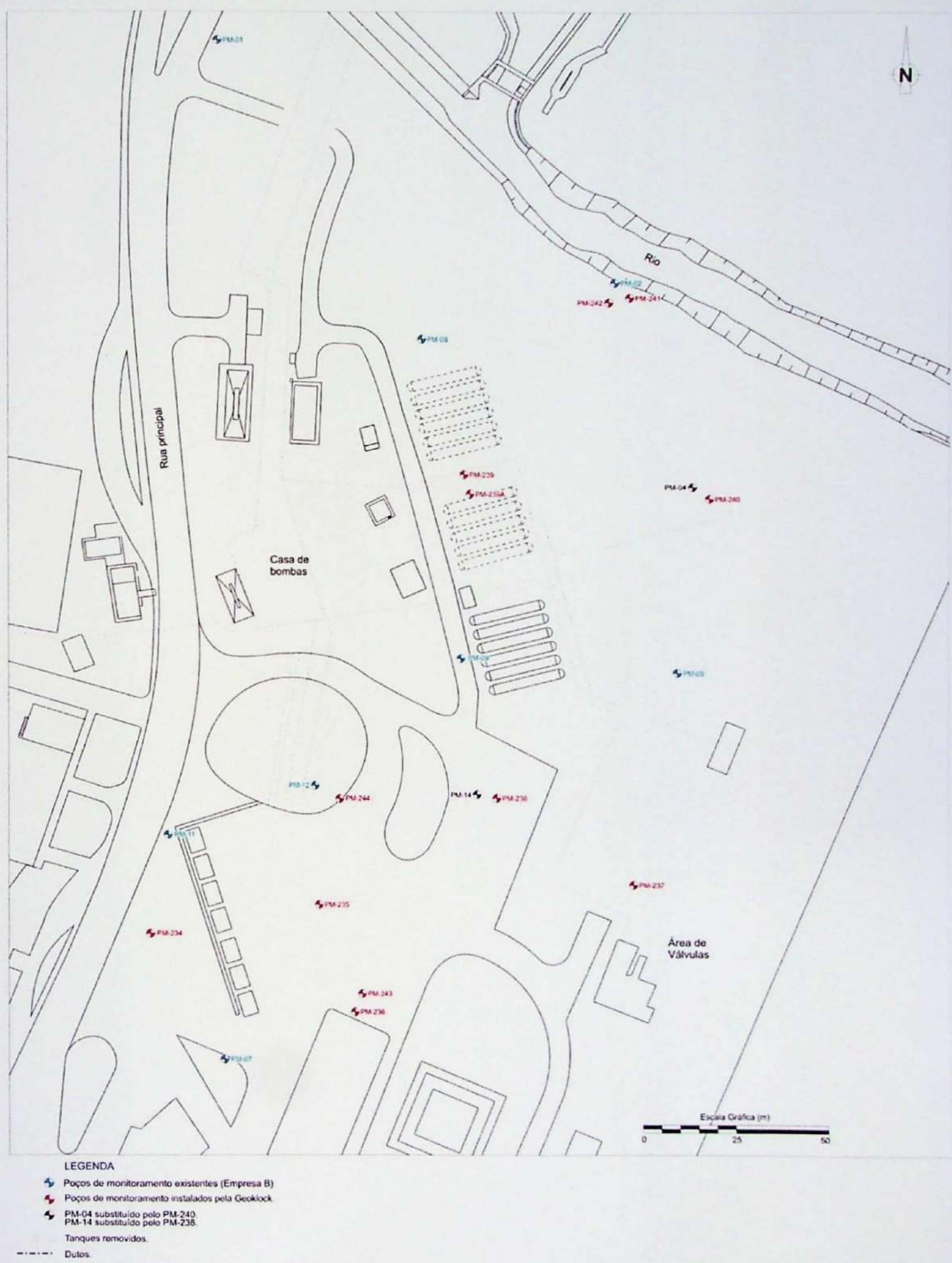


Figura 6.5.2. Perfis litológicos e construtivos dos poços de monitoramento instalados.

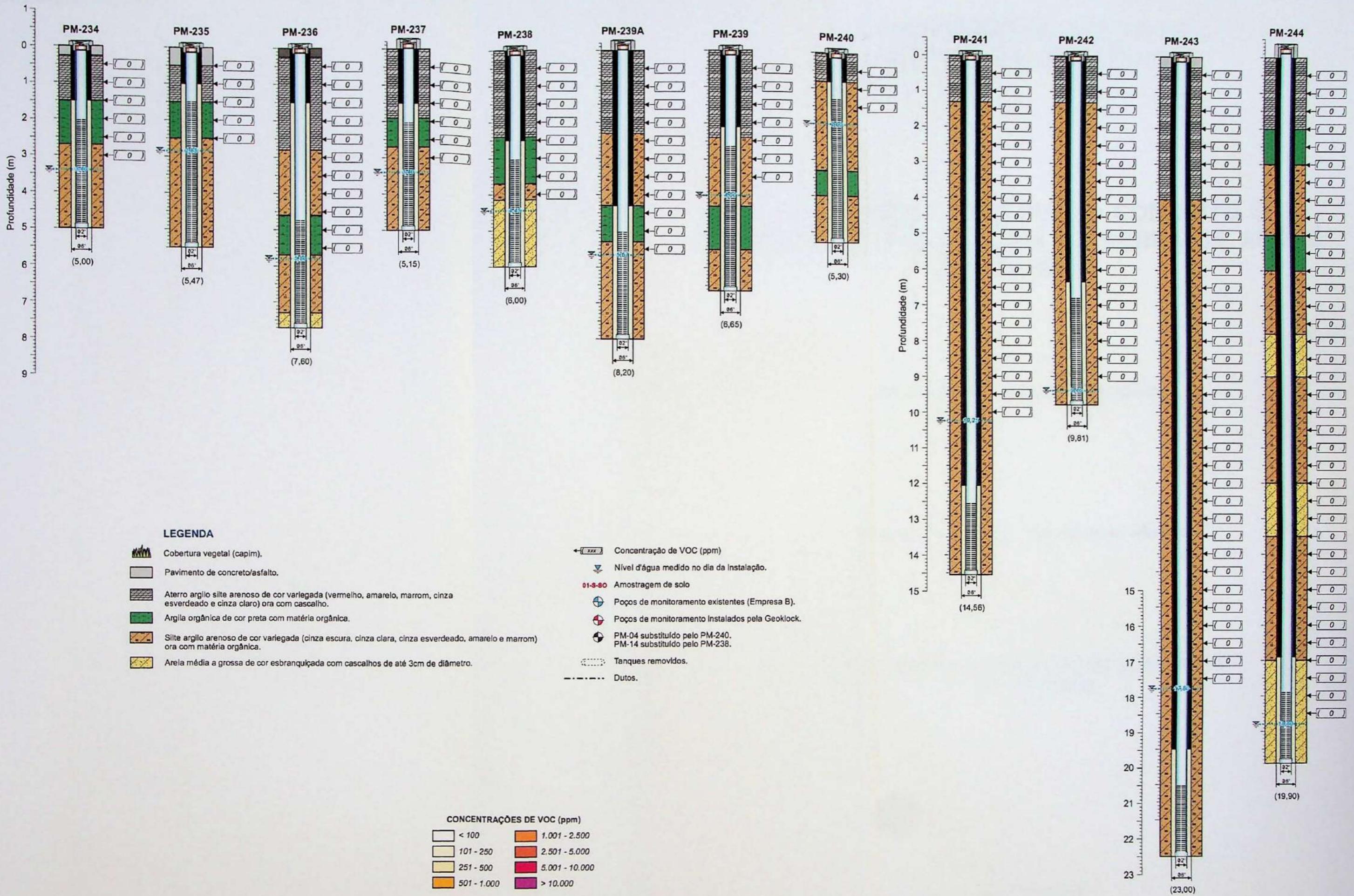
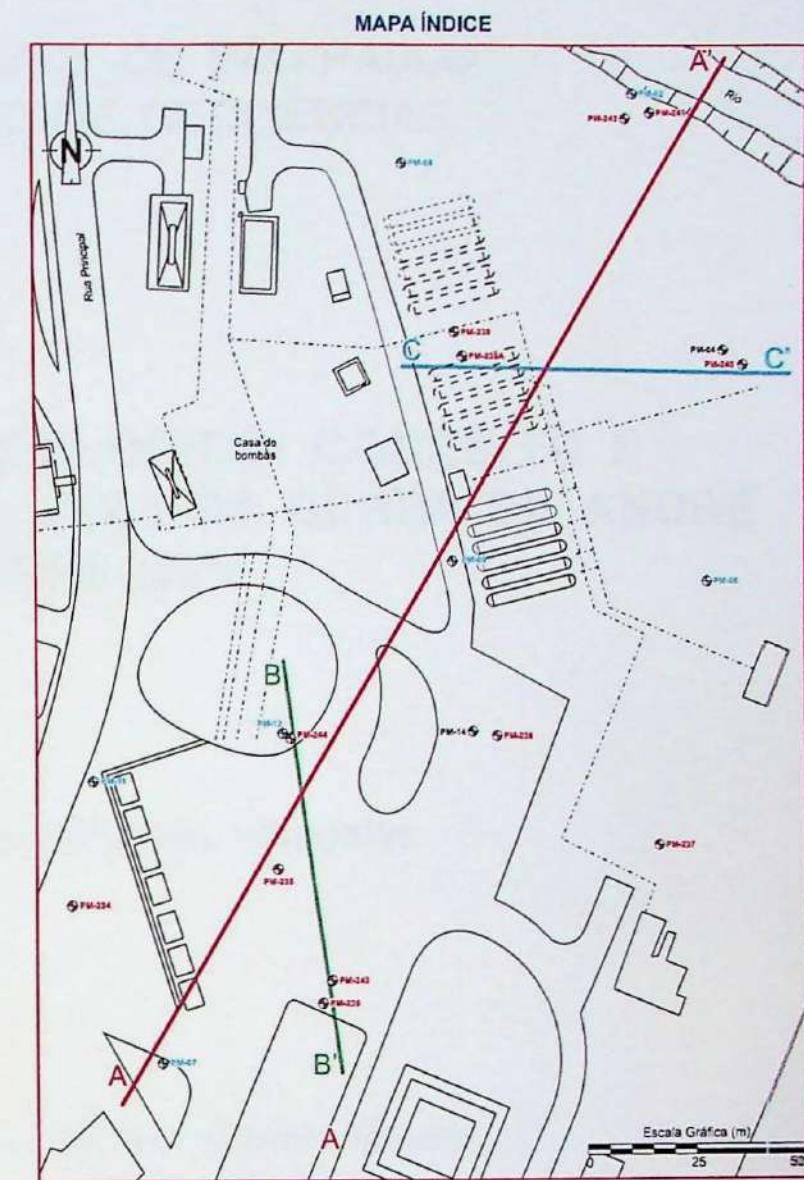
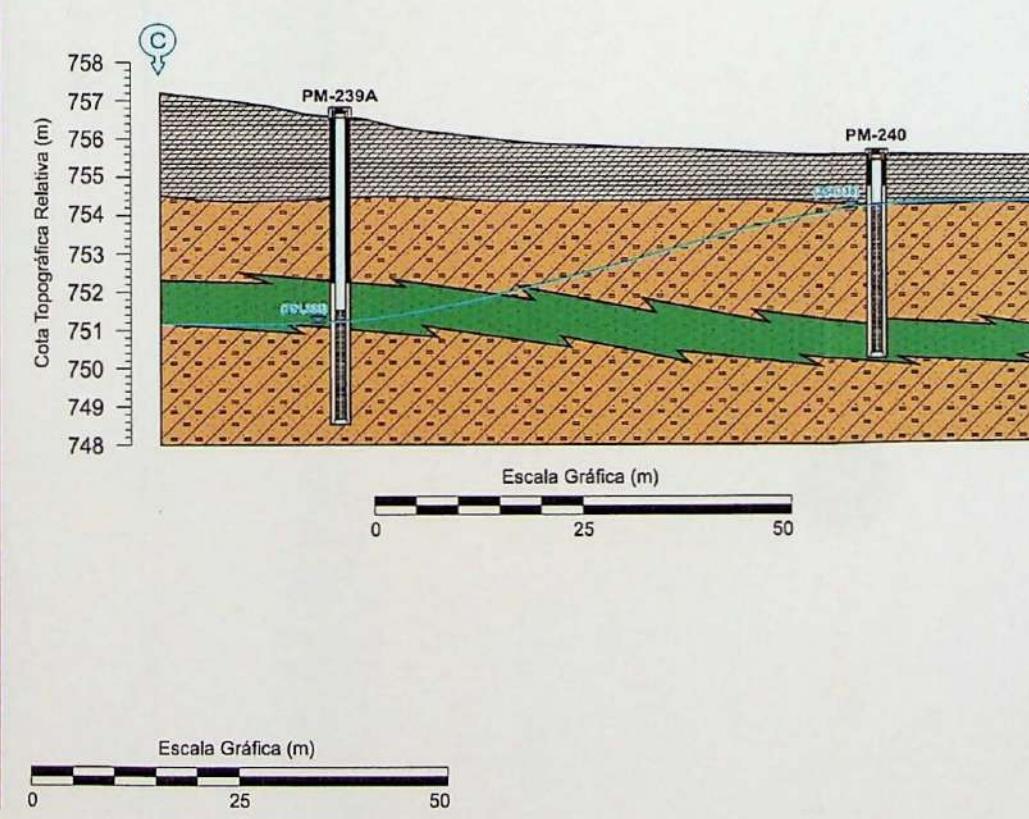
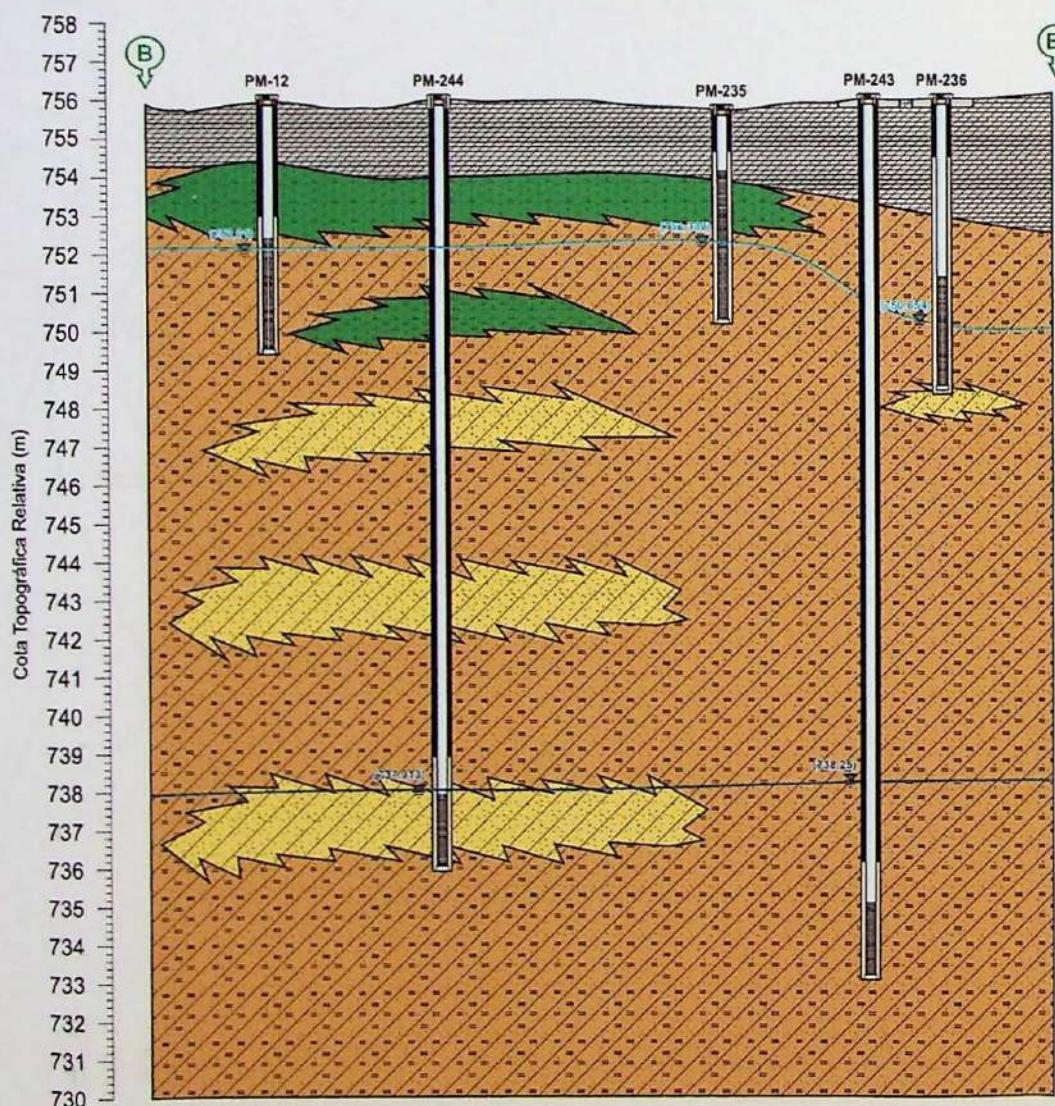
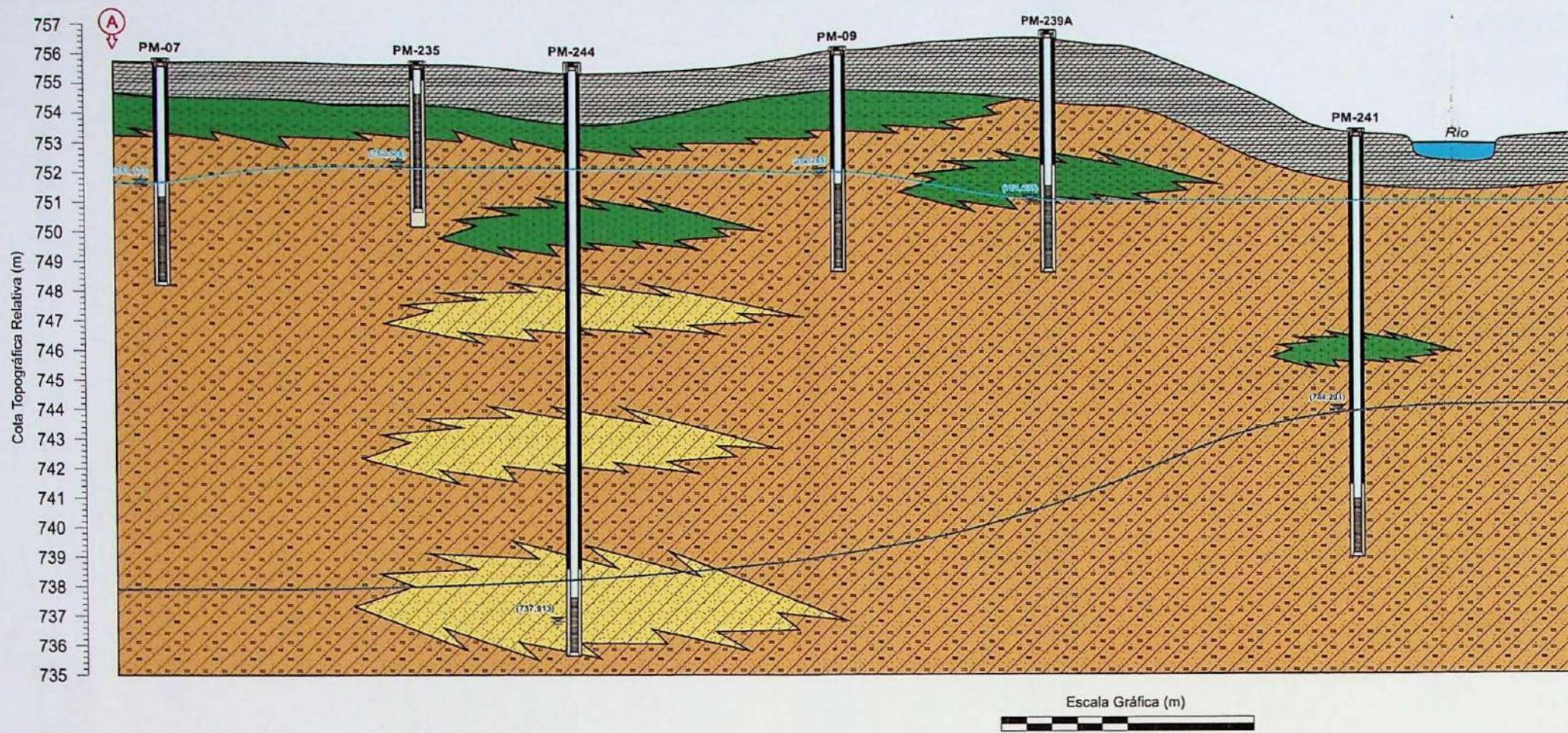


Figura 7.1.1. Seções Hidrogeológicas da área investigada.



LEGENDA

- Cobertura vegetal (capim).
- Pavimento de concreto/asfalto.
- Aterro argilo silte arenoso de cor variegada (vermelho, amarelo, marrom, cinza esverdeado e cinza claro) ora com cascalho.
- Argila orgânica de cor preta com matéria orgânica.
- Silte argilo arenoso de cor variegada (cinza escura, cinza clara, cinza esverdeado, amarelo e marrom) ora com matéria orgânica.
- Areia média a grossa de cor esbranquiçada com cascalhos de até 3cm de diâmetro.
- PM-20** Identificação do poço
- ← Sentido do fluxo subterrâneo
- Superfície potenciométrica (RASO)
- Superfície potenciométrica (INTERMEDIÁRIO)
- (6,147) / (6,147) Carga hidráulica (m)

Figura 7.1.2. Mapa Potenciométrico com a direção do fluxo da água subterrânea.

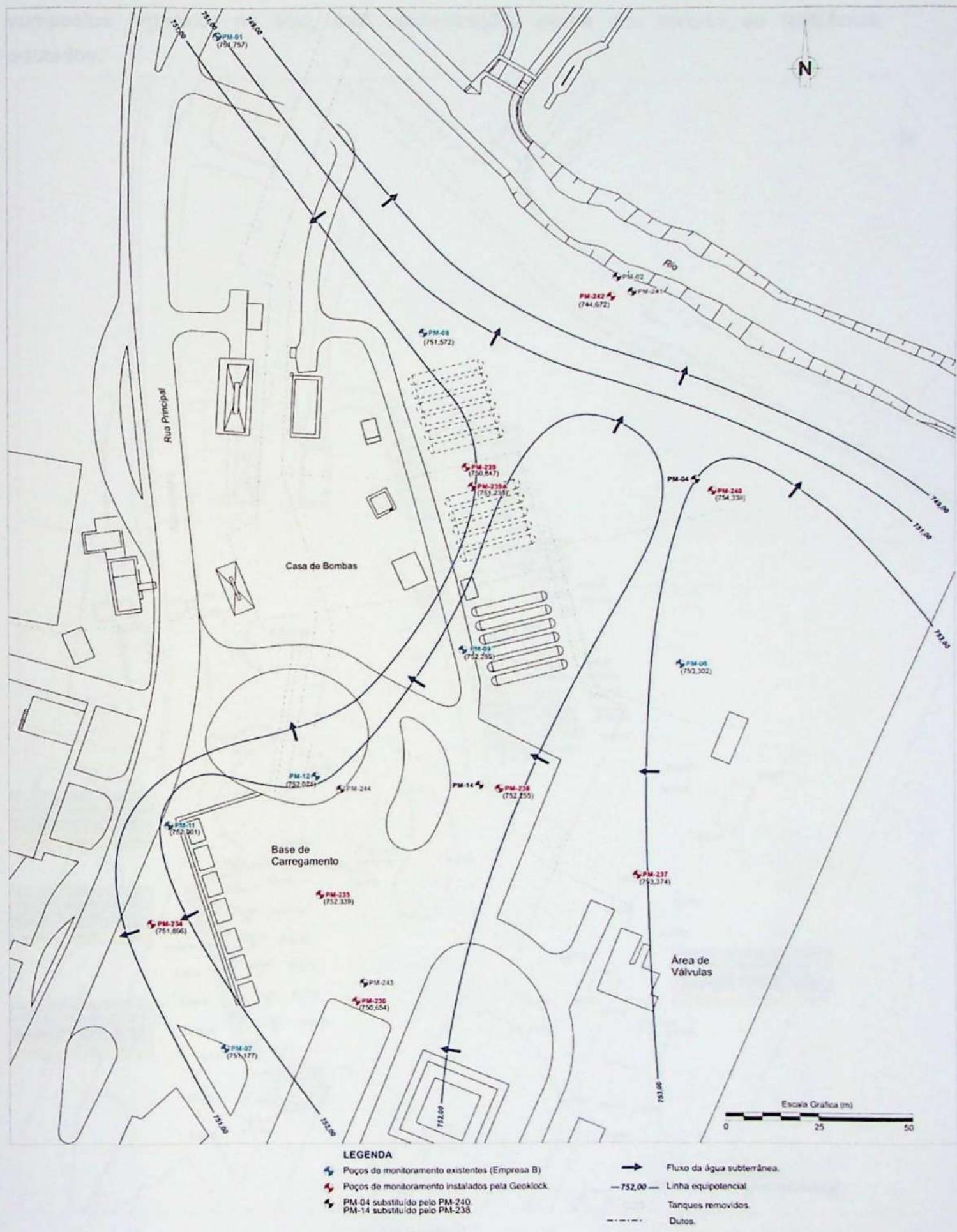


Figura 7.2.1.1. Mapa da área investigada com a distribuição dos resultados analíticos dos compostos orgânicos no solo, com concentrações acima dos valores de referência adotados.

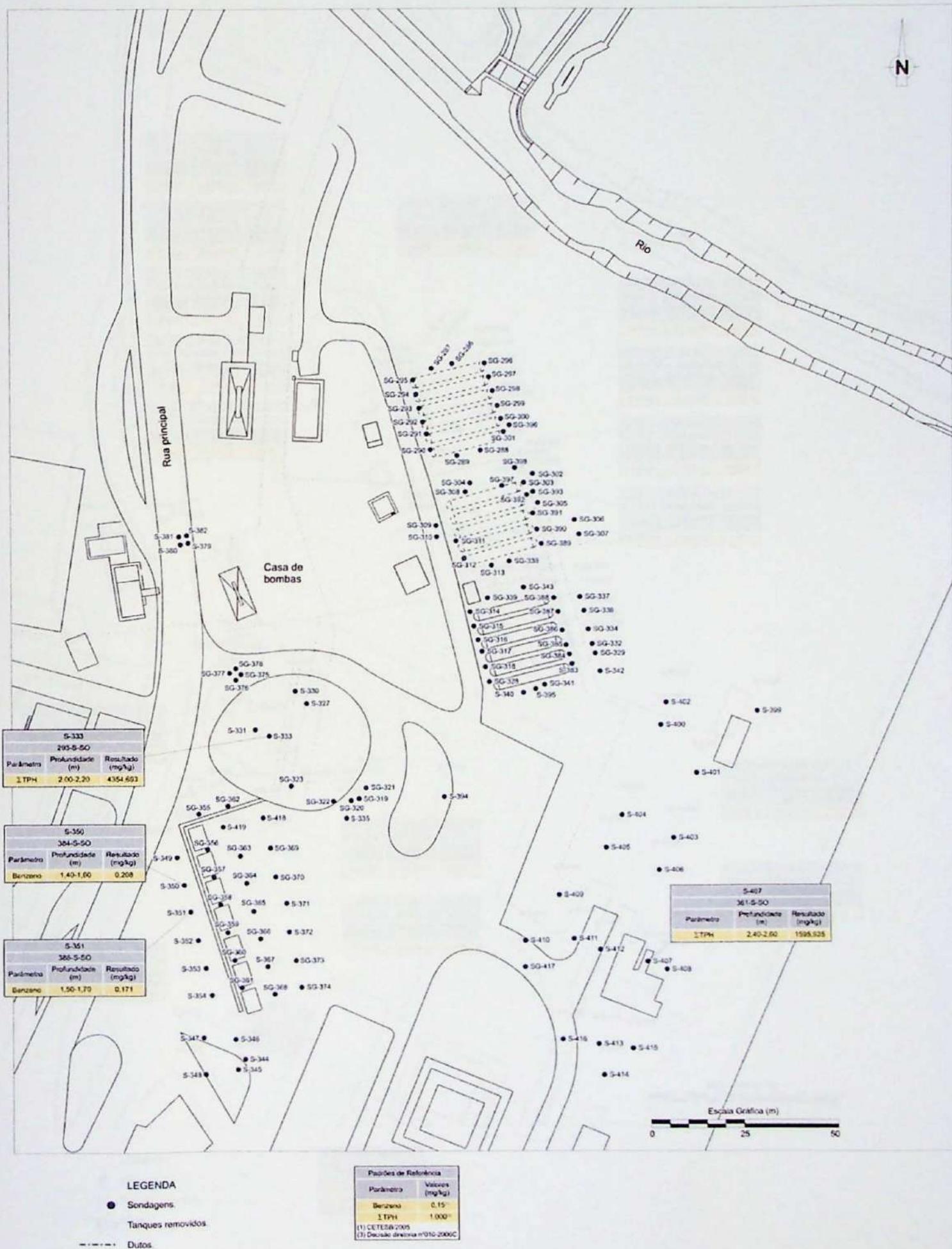


Figura 7.2.1.2. Mapa da área investigada com a distribuição dos resultados analíticos dos metais no solo, com concentrações superiores aos valores de referência adotados.

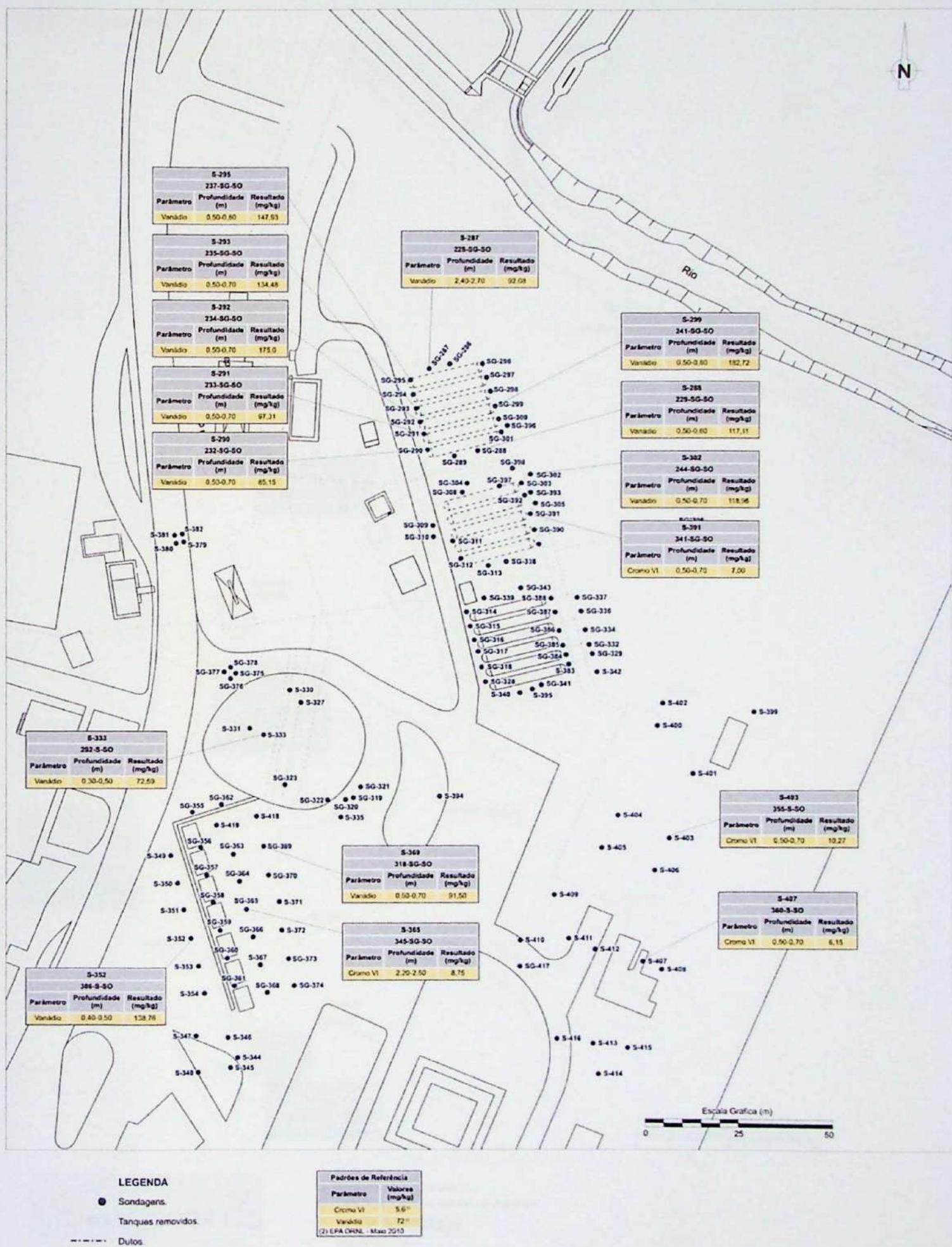


Figura 7.2.2.1. Mapa da área investigada com a distribuição dos resultados analíticos dos compostos orgânicos na água subterrânea, com concentrações acima dos valores de referência adotados.

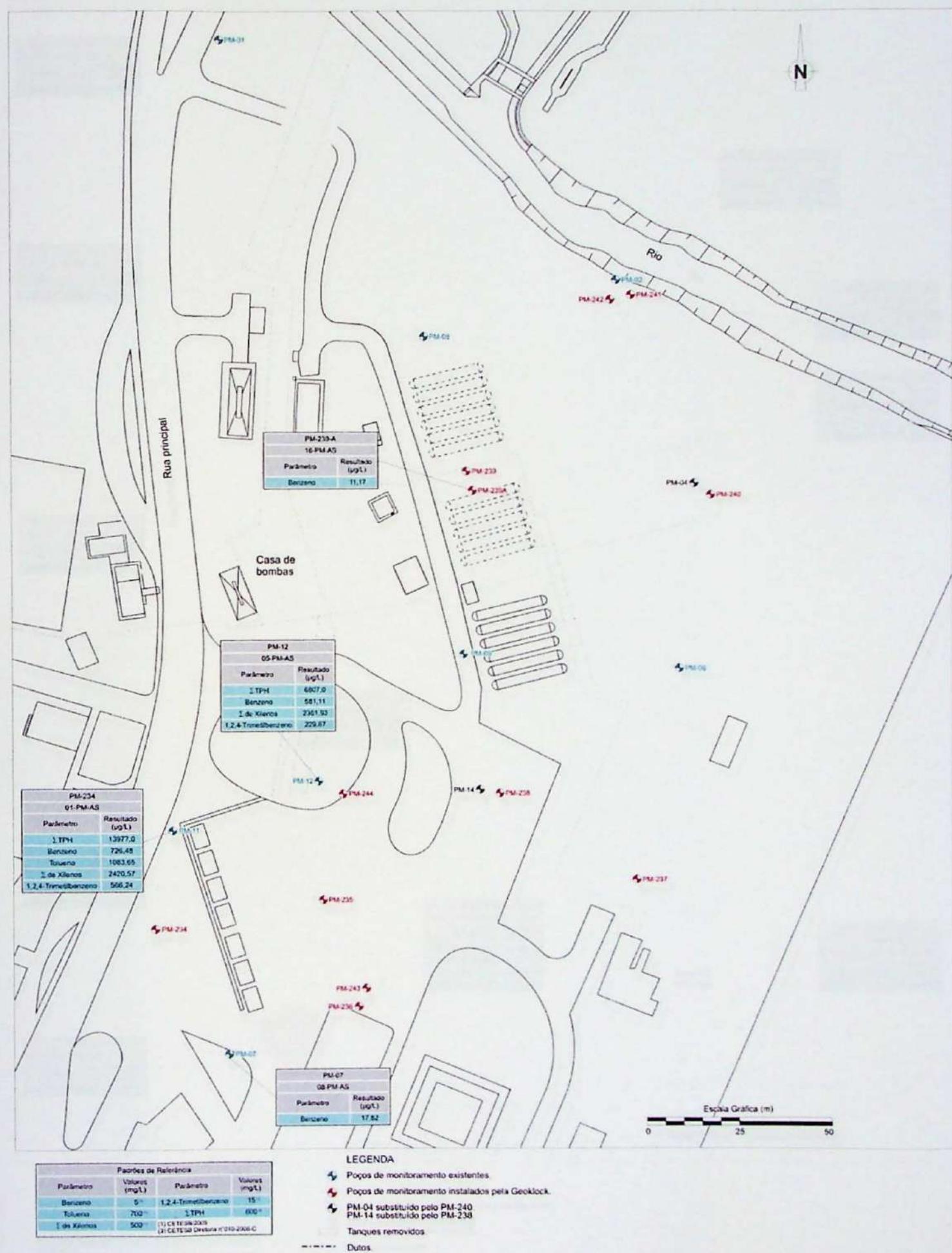


Figura 7.2.2.2. Mapa da área investigada com a distribuição dos resultados analíticos dos metais na água subterrânea, com concentrações superiores aos valores de referência adotados.

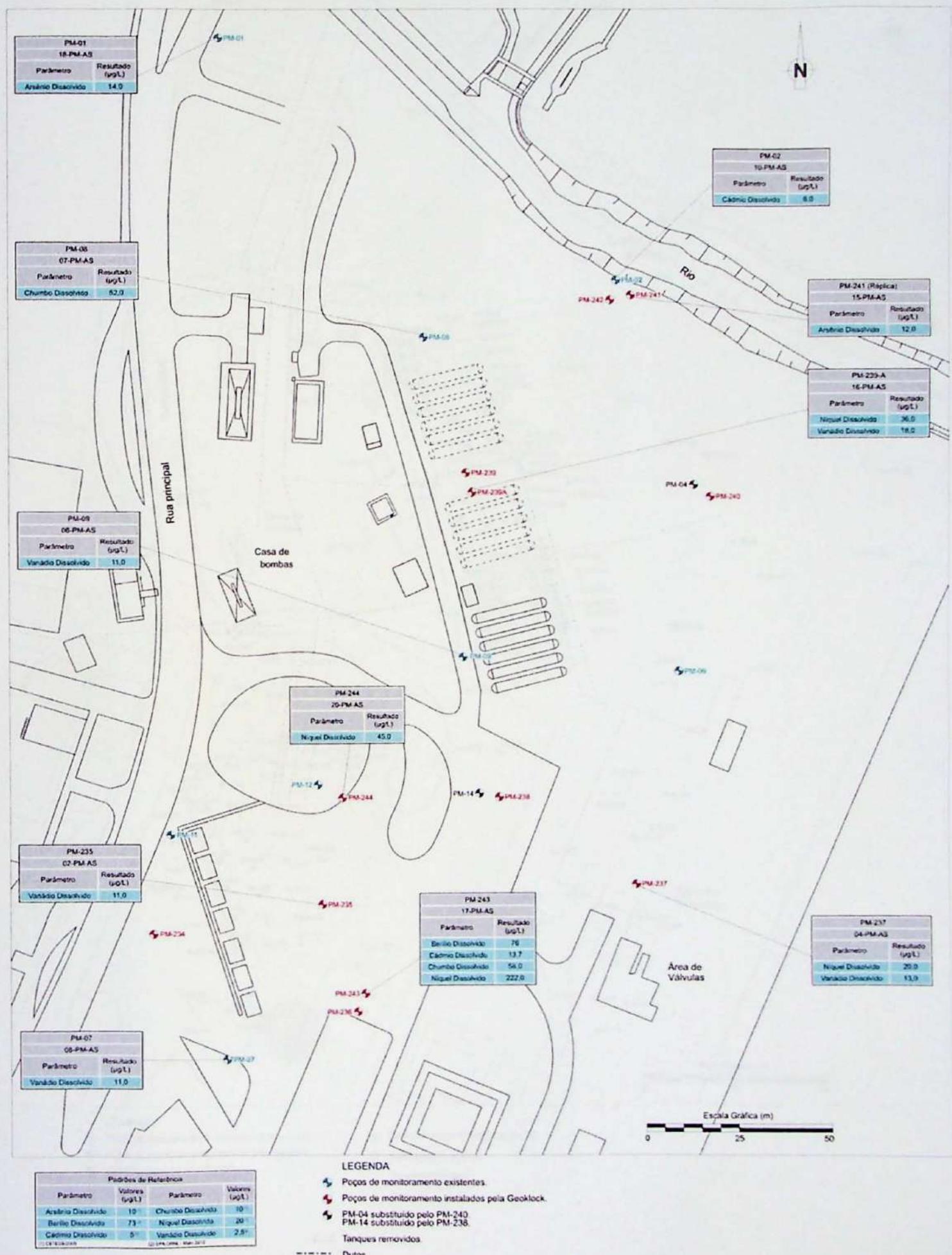
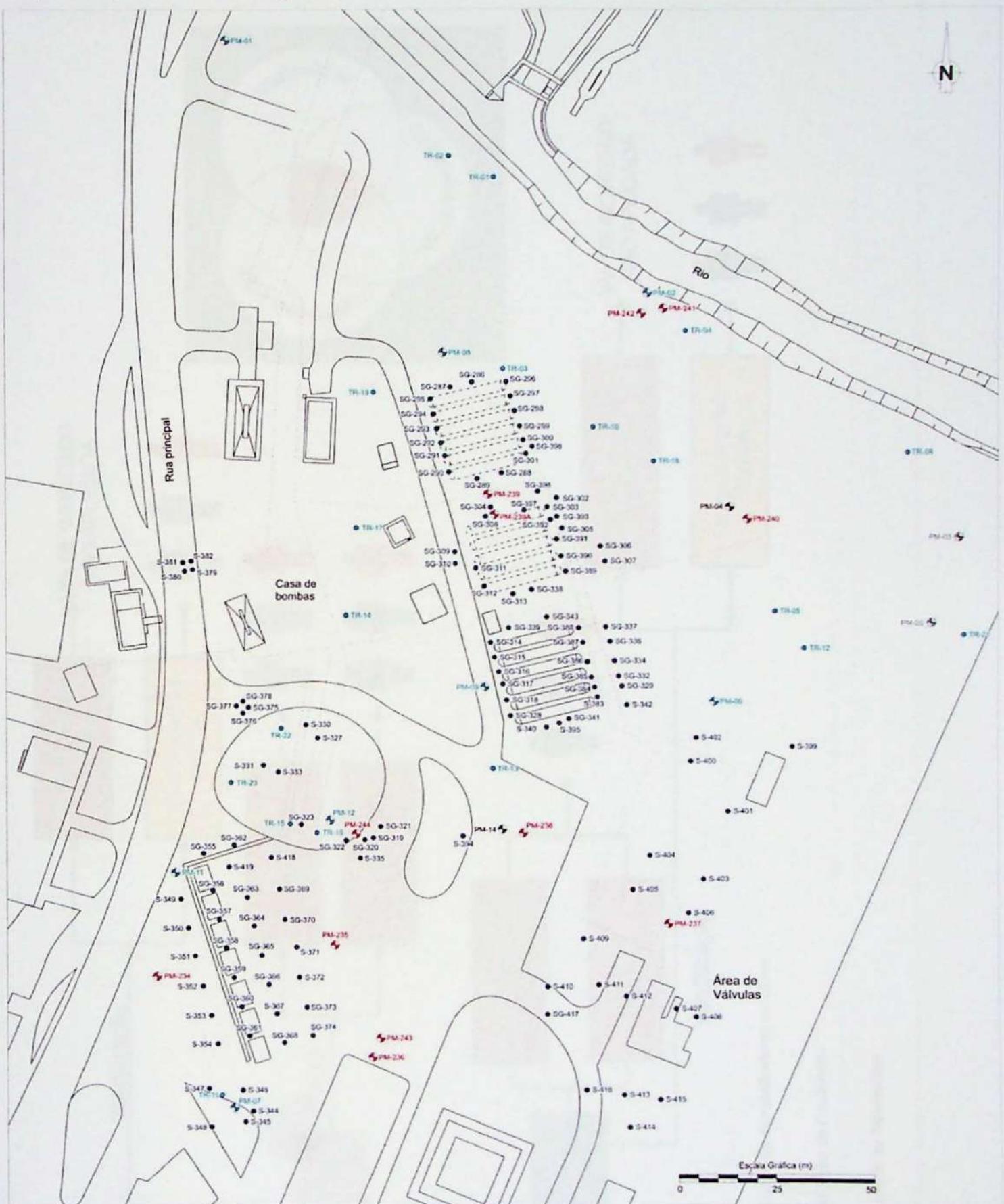


Figura 7.3.1.1. Localização das sondagens e dos poços de monitoramento (GEOKLOCK e Empresa B) na área investigada.



LEGENDA

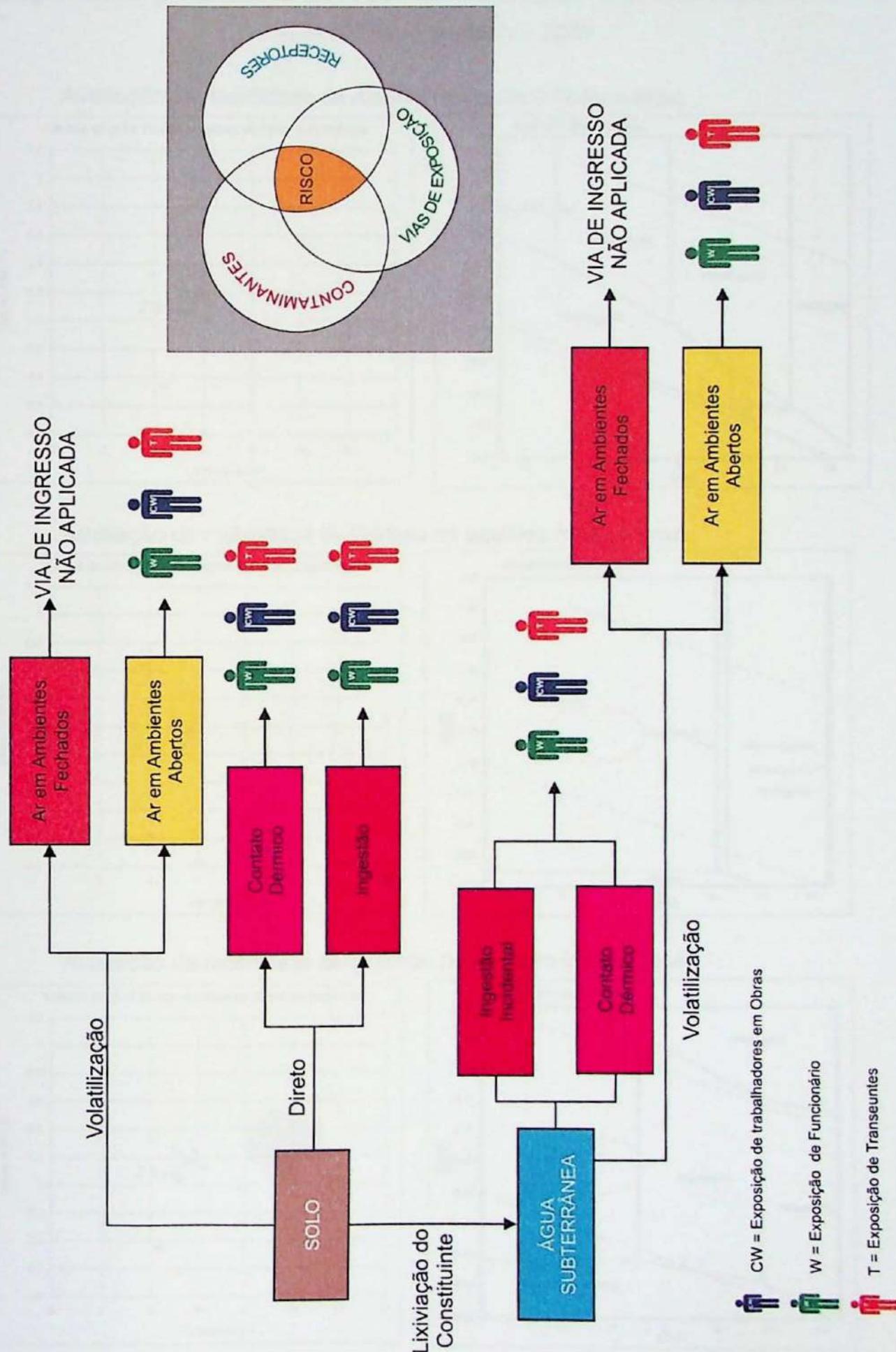
- LEGENDA**

 - Poços de monitoramento existentes (Empresa B)
 - Poços de monitoramento instalados pela Gecklock.
 - PM-04 substituído pelo PM-240.
PM-14 substituído pelo PM-238.
 - Poços de monitoramento desativados.

● Sondagens existentes (Empresa B)

- Sondagens (Geoklock).

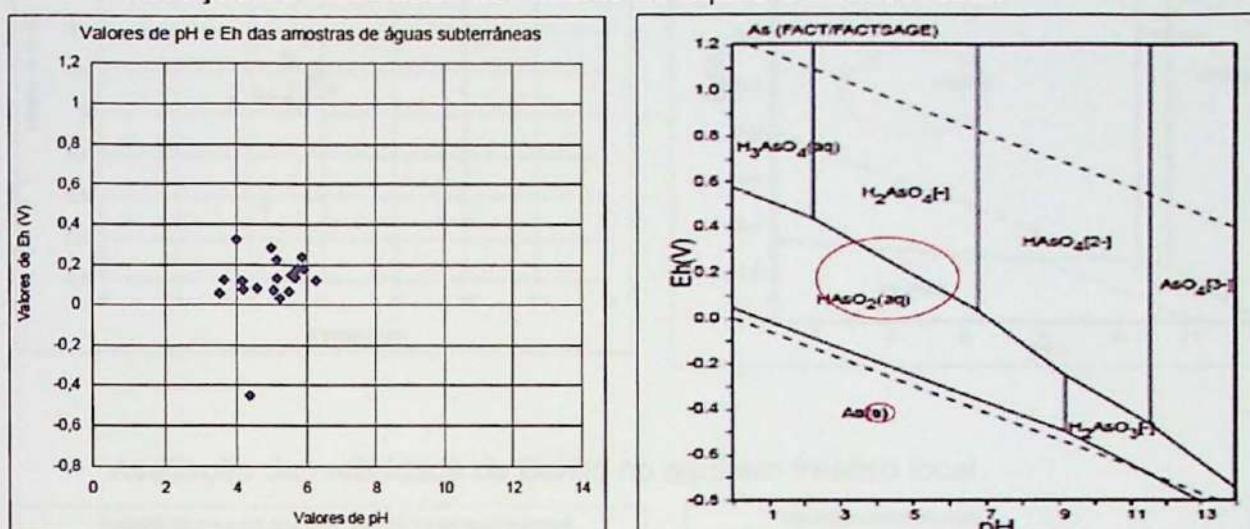
Figura 7.3.1.2. Modelo Conceitual de Exposição.



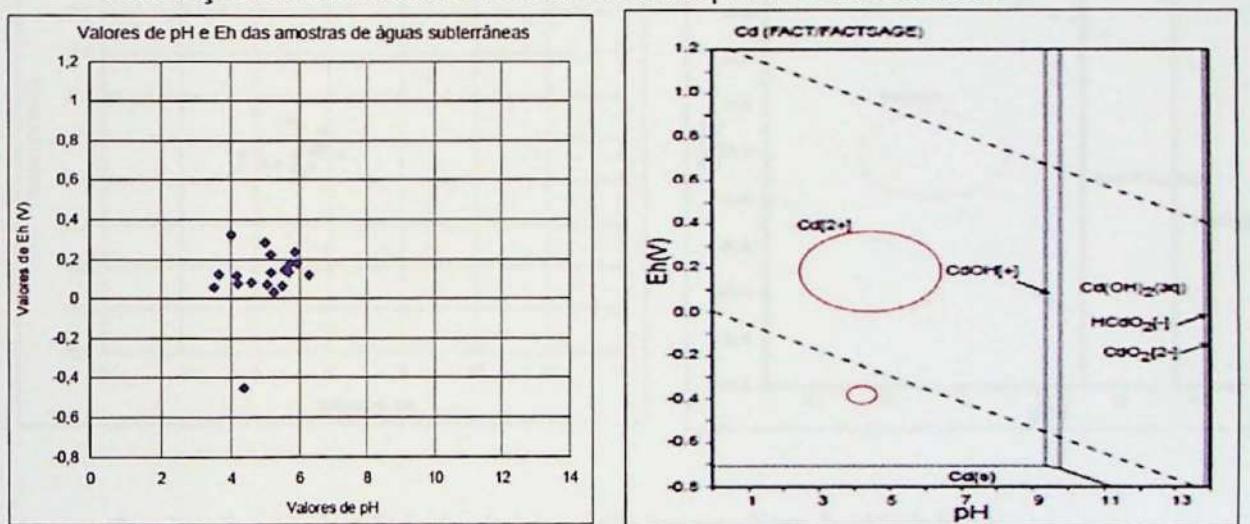
GRÁFICOS DE ESTABILIDADE (pH – Eh)

Diagramas Eh-pH obtidos no Geological Survey of Japan – Open File Report Nº419 –
Atlas of Eh-pH diagrams – 2005

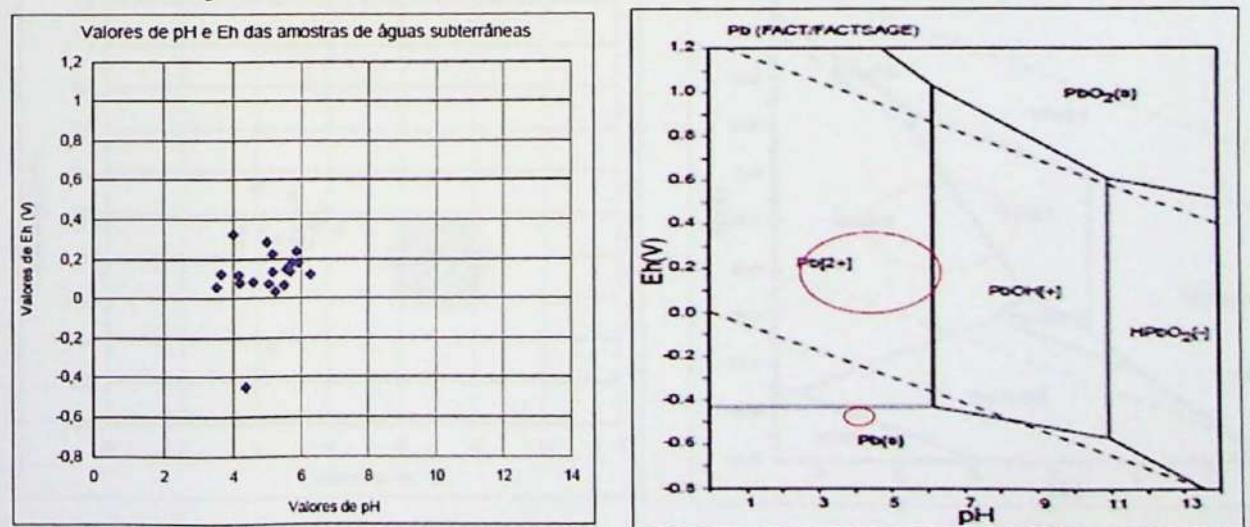
Avaliação da mobilidade de Arsênio no aquífero freático local.



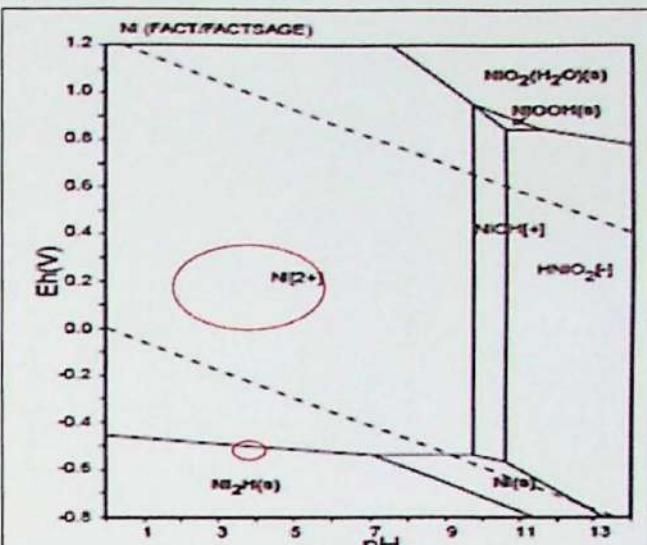
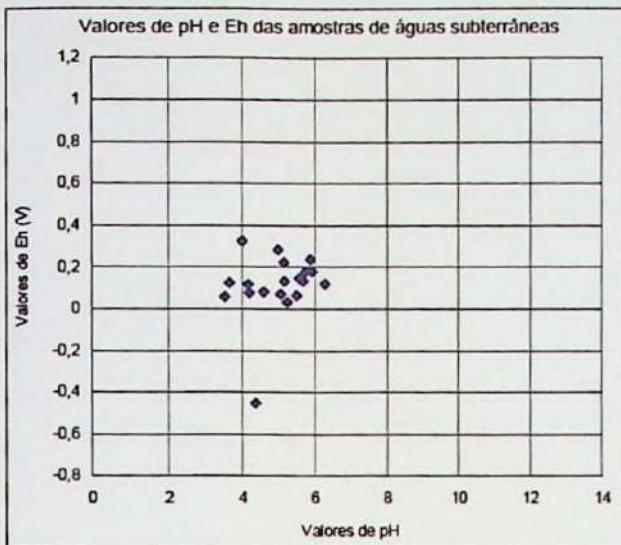
Avaliação da mobilidade de Cádmio no aquífero freático local.



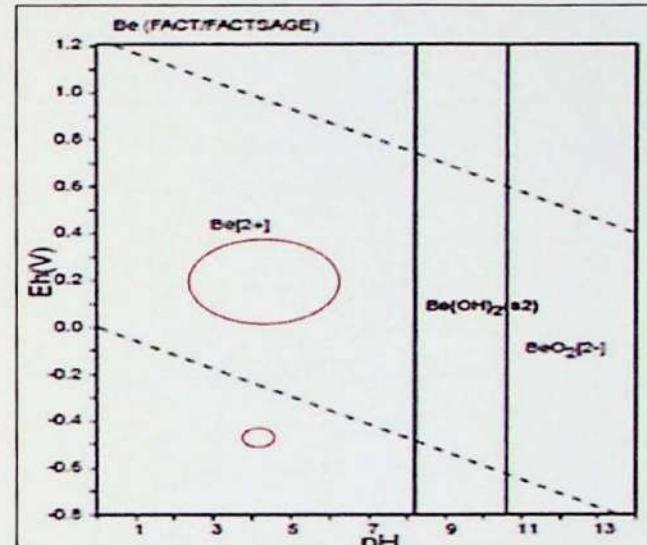
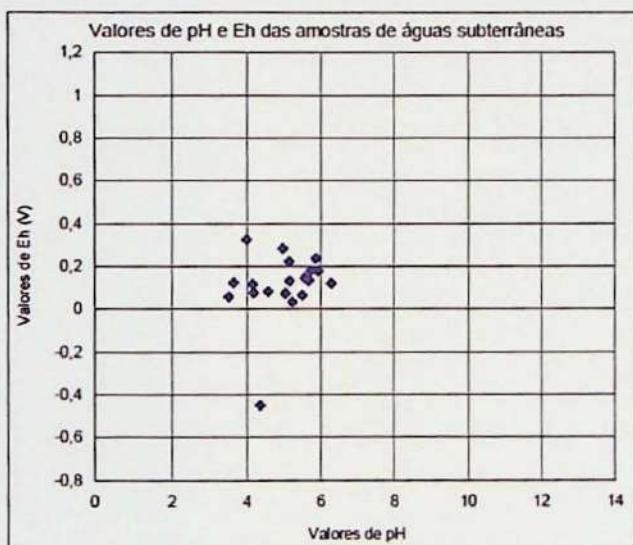
Avaliação da mobilidade de Chumbo no aquífero freático local.



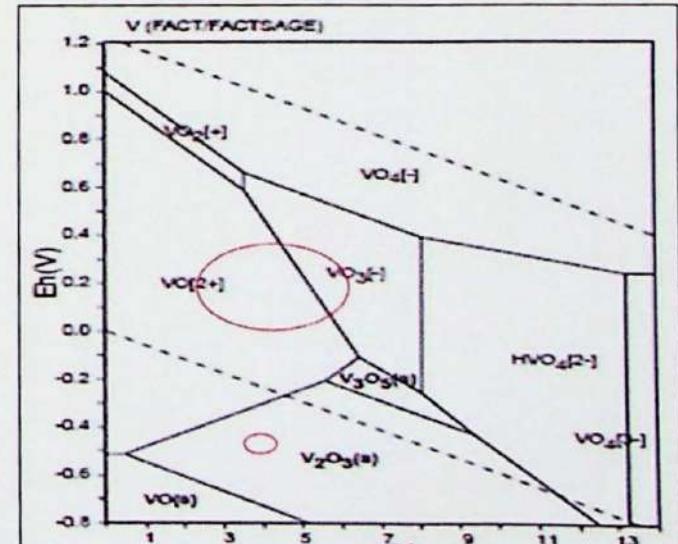
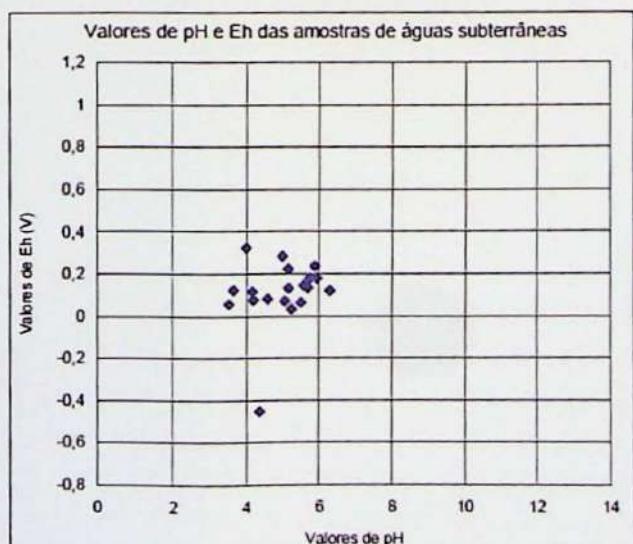
Avaliação da mobilidade de Níquel no aquífero freático local.



Avaliação da mobilidade de Berílio no aquífero freático local.



Avaliação da mobilidade de Vanádio no aquífero freático local.



ANEXO II - TABELAS

TABELA 6.2.1. Resultados das Leituras de Soil Gas Survey (ppm)

Furo	Profundidade (m)	VOC (ppm)	Furo	Profundidade (m)	VOC (ppm)
SGS 01	1,0	0	SGS 37	1,0	0
SGS 02	1,0	0	SGS 38	1,0	0
SGS 03	1,0	0	SGS 39	1,0	20
SGS 04	1,0	0	SGS 40	1,0	0
SGS 05	1,0	0	SGS 41	1,0	0
SGS 06	1,0	0	SGS 42	1,0	100
SGS 07	1,0	0	SGS 43	1,0	0
SGS 08	1,0	40	SGS 44	1,0	0
SGS 09	1,0	0	SGS 45	1,0	0
SGS 10	1,0	20	SGS 46	1,0	0
SGS 12	1,0	0	SGS 47	1,0	0
SGS 13	1,0	0	SGS 48	1,0	40
SGS 14	1,0	80	SGS 49	1,0	0
SGS 15	1,0	460	SGS 50	1,0	0
SGS 16	1,0	180	SGS 51	1,0	0
SGS 17	1,0	60	SGS 52	1,0	0
SGS 18	1,0	40	SGS 53	1,0	0
SGS 19	1,0	0	SGS 54	1,0	80
SGS 20	1,0	0	SGS 55	1,0	0
SGS 21	1,0	0	SGS 56	1,0	0
SGS 22	1,0	80	SGS 57	1,0	0
SGS 23	1,0	0	SGS 58	1,0	40
SGS 24	1,0	0	SGS 59	1,0	0
SGS 25	1,0	60	SGS 60	1,0	0
SGS 26	1,0	80	SGS 61	1,0	0
SGS 27	1,0	0	SGS 62	1,0	0
SGS 28	1,0	0	SGS 63	1,0	0
SGS 29	1,0	40	SGS 64	1,0	0
SGS 30	1,0	0	SGS 65	1,0	620
SGS 31	1,0	160	SGS 66	1,0	0
SGS 32	1,0	0	SGS 67	1,0	0
SGS 33	1,0	0	SGS 68	1,0	0
SGS 34	1,0	160	SGS 69	1,0	0
SGS 35	1,0	0	SGS 70	1,0	0
SGS 36	1,0	0	SGS 342	1,0	0

TABELA 6.2.2. Identificação das Sondagens, Procedência e Parâmetros Analisados nas Amostras de Solo Coletadas 1/5

SONDAGEM	AMOSTRA	INTERVALO DE AMOSTRAGEM (m)	PARÂMETROS ANALISADOS				
			PAH	BTEX	TPH FRAC.	METAIS	PARÂMETROS FÍSICOS
SG - 286	225-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	226-SG-SO	1,7 - 2,0	X	X	X	X	
SG - 287	227-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	228-SG-SO	2,4 - 2,7	X	X	X	X	
SG - 288	229-SG-SO	0,5 - 0,8	X	X	X	X	
	230-SG-SO	1,8 - 2,2	X	X	X	X	
SG - 289	231-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	231-SG-SO	2,4 - 2,7	X	X	X		
SG - 290	232-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	232-SG-SO	1,3 - 1,5	X	X	X		
SG - 291	233-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	233-SG-SO	1,8 - 2,1	X	X	X		
SG - 292	234-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	234-SG-SO	2,8 - 3,2	X	X	X		
SG - 293	235-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	235-SG-SO	2,8 - 3,0	X	X	X		
SG - 294	236-SG-SO	0,5 - 0,8				X	
	236-SG-SO	3,3 - 3,5	X	X	X		
SG - 295	237-SG-SO	0,5 - 0,8				X	
	237-SG-SO	3,3 - 3,5	X	X	X		
SG - 296	238-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	238-SG-SO	3,3 - 3,6	X	X	X		
SG - 297	239-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	239-SG-SO	3,3 - 3,6	X	X	X		
SG - 298	240-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	240-SG-SO	2,8 - 3,0	X	X	X		
SG - 299	241-SG-SO	0,5 - 0,8				X	
	241-SG-SO	2,8 - 3,2	X	X	X		
SG - 300	242-SG-SO	0,5 - 0,8				X	
	242-SG-SO	2,3 - 2,5	X	X	X		
SG - 301	243-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	243-SG-SO	1,3 - 1,6	X	X	X		
SG - 302	244-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	244-SG-SO	1,8 - 2,2	X	X	X		
SG - 303	245-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	245-SG-SO	1,8 - 2,2	X	X	X		
SG - 304	246-SG-SO	0,5 - 0,8				X	
	246-SG-SO	1,8 - 2,2	X	X	X		
SG - 305	247-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	247-SG-SO	1,8 - 2,2	X	X	X		
S - 306	248-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	248-S-SO	1,3 - 1,5	X	X	X		
S - 307	249-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	249-S-SO	1,3 - 1,5	X	X	X		
SG - 308	250-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	250-SG-SO	1,0 - 1,2	X	X	X		
SG - 309	251-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	251-SG-SO	1,2 - 1,5	X	X	X		
SG - 310	252-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	252-SG-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		

Campos em branco significam parâmetros não analisados

TABELA 6.2.2. Identificação das Sondagens, Procedência e Parâmetros Analisados nas Amostras de Solo Coletadas 2/5

SONDAGEM	AMOSTRA	INTERVALO DE AMOSTRAGEM (m)	PARÂMETROS ANALISADOS				
			PAH	BTEX	TPH FRAC.	METAIS	PARÂMETROS FÍSICOS
SG - 311	253-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	254-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X	X	
SG - 312	255-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	255-SG-SO	1,8 - 2,0	X	X	X		
SG - 313	256-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	256-SG-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
SG - 314	257-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	257-SG-SO	2,2 - 2,5	X	X	X		
SG - 315	258-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	258-SG-SO	2,0 - 2,2	X	X	X		
SG - 316	259-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	259-SG-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
SG - 317	260-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	261-SG-SO	2,3 - 2,5	X	X	X	X	
SG - 318	262-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	262-SG-SO	1,5 - 1,7	X	X	X		
SG - 319	263-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	264-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X	X	
	265-SG-SO	3,0 - 3,2	X	X	X	X	
SG - 320	266-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	267-SG-SO	1,8 - 2,1	X	X	X	X	
SG - 321	268-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	269-SG-SO	2,3 - 2,6	X	X	X	X	
SG - 322	270-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	271-SG-SO	2,4 - 2,7	X	X	X	X	
SG - 323	272-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	273-SG-SO	2,4 - 2,7	X	X	X	X	
S - 327	284-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	285-S-SO	2,4 - 2,6	X	X	X	X	
SG - 328	286-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	286-SG-SO	2,4 - 2,6	X	X	X		
SG - 329	287-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	287-SG-SO	2,3 - 2,5	X	X	X		
S - 330	288-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	289-S-SO	2,4 - 2,6	X	X	X	X	
S - 331	290-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	290-S-SO	2,0 - 2,3	X	X	X		
SG - 332	291-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	291-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X		
S - 333	292-S-SO	0,3 - 0,5	X	X	X	X	
	293-S-SO	2,0 - 2,2	X	X	X	X	
SG - 334	294-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	294-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X		
S - 335	297-S-SO	0,4 - 0,5	X	X	X	X	
	298-S-SO	2,0 - 2,2	X	X	X	X	
SG - 336	295-SG-SO	0,4 - 0,5				X	
	295-SG-SO	1,9 - 2,0	X	X	X		
SG - 337	296-SG-SO	0,4 - 0,5				X	
	296-SG-SO	1,9 - 2,0	X	X	X		
SG - 338	299-SG-SO	0,3 - 0,5				X	
	299-SG-SO	1,9 - 2,0	X	X	X		

Campos em branco significam parâmetros não analisados

TABELA 6.2.2. Identificação das Sondagens, Procedência e Parâmetros Analisados nas Amostras de Solo Coletadas 3/5

SONDAGEM	AMOSTRA	INTERVALO DE AMOSTRAGEM (m)	PARÂMETROS ANALISADOS				
			PAH	BTEX	TPH FRAC.	METAIS	PARÂMETROS FÍSICOS
SG - 339	302-SG-SO	0,3 - 0,5				X	
	302-SG-SO	1,9 - 2,0	X	X	X		
S - 340	278-S-SO	0,3 - 0,5	X	X	X	X	
	279-S-SO	3,5 - 3,6	X	X	X	X	
S - 341	280-S-SO	0,3 - 0,5	X	X	X	X	
	281-S-SO	2,5 - 3,0	X	X	X	X	
S - 342	282-S-SO	0,3 - 0,5	X	X	X	X	
	283-S-SO	2,3 - 2,5	X	X	X	X	
SG - 343	305-SG-SO	0,5 - 0,6				X	
	305-SG-SO	2,0 - 2,1	X	X	X		
S - 344	303-S-SO	0,3 - 0,5	X	X	X	X	
	304-S-SO	1,5 - 1,7	X	X	X	X	
S - 345	300-S-SO	0,3 - 0,5	X	X	X	X	
	301-S-SO	2,7 - 2,8	X	X	X	X	
S - 346	308-S-SO	0,4 - 0,5				X	
	308-S-SO	1,4 - 1,5	X	X	X		
S - 347	310-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	310-S-SO	0,9 - 1,3	X	X	X		
S - 348	312-S-SO	0,3 - 0,5				X	
	312-S-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
	390-S-SO	0,5 - 0,7				X	
S - 349	390-S-SO	2,0 - 2,2	X	X	X		
	391-S-SO	3,0 - 3,2	X	X	X	X	
S - 350	384-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	384-S-SO	1,4 - 1,6	X	X	X		
	385-S-SO	3,4 - 3,6	X	X	X	X	
S - 351	388-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	388-S-SO	1,5 - 1,7	X	X	X		
	389-S-SO	3,5 - 3,8	X	X	X	X	
S - 352	386-S-SO	0,4 - 0,5	X	X	X	X	
	387-S-SO	3,4 - 3,6	X	X	X	X	
S - 353	382-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	383-S-SO	3,0 - 3,2	X	X	X	X	
S - 354	380-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	380-S-SO	2,0 - 2,2	X	X	X		
	381-S-SO	3,3 - 3,5	X	X	X	X	
SG - 355	314-SG-SO	0,8 - 1,0	X	X	X	X	
	315-SG-SO	1,8 - 2,0	X	X	X	X	
SG-356 a SG-361	Impenetrável a 0,60 m						
SG - 362	316-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	316-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X		
SG - 363	317-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	317-SG-SO	1,4 - 1,6	X	X	X		
SG - 364	327-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	327-SG-SO	2,6 - 3,0	X	X	X		
SG - 365	344-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	344-SG-SO	1,4 - 1,6	X	X	X		
	345-SG-SO	2,2 - 2,5	X	X	X	X	
S-366	Impenetrável a 0,60 m						
S - 367	377-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	377-S-SO	1,5 - 1,7	X	X	X		
SG - 368	328-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	328-SG-SO	0,9 - 1,3	X	X	X		

Campos em branco significam parâmetros não analisados

TABELA 6.2.2. Identificação das Sondagens, Procedência e Parâmetros Analisados nas Amostras de Solo Coletadas 4/5

SONDAGEM	AMOSTRA	INTERVALO DE AMOSTRAGEM (m)	PARÂMETROS ANALISADOS				
			PAH	BTEX	TPH FRAC.	METAIS	PARÂMETROS FÍSICOS
SG - 369	318-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	318-SG-SO	1,5 - 1,7	X	X	X		
	319-SG-SO	2,4 - 2,7	X	X	X	X	
SG - 370	325-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	325-SG-SO	1,4 - 1,6	X	X	X		
	326-SG-SO	2,3 - 2,5	X	X	X	X	
S - 371	346-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	346-S-SO	1,2 - 1,6	X	X	X		
S - 372	378-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	378-S-SO	1,0 - 1,2	X	X	X		
	379-S-SO	2,8 - 3,0	X	X	X	X	
S-373	Impenetrável com 0,60 m						
S-374	Impenetrável com 0,60 m						
SG - 375	306-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	306-SG-SO	1,3 - 1,6	X	X	X		
SG - 376	307-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	307-SG-SO	1,5 - 1,8	X	X	X		
SG - 377	309-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	309-SG-SO	1,3 - 1,6	X	X	X		
SG - 378	311-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	311-SG-SO	1,5 - 1,8	X	X	X		
S - 379	313-S-SO	0,4 - 0,5				X	
	313-S-SO	0,9 - 1,0	X	X	X		
S - 380	323-S-SO	0,3 - 0,5				X	
	323-S-SO	1,5 - 1,6	X	X	X		
	324-S-SO	2,5 - 2,6	X	X	X	X	
S - 381	320-S-SO	0,3 - 0,5				X	
	320-S-SO	1,0 - 1,1	X	X	X		
	321-S-SO	1,5 - 1,6	X	X	X	X	
S - 382	322-S-SO	0,5 - 0,6				X	
	322-S-SO	1,9 - 2,0	X	X	X		
S - 383	329-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	330-S-SO	3,2 - 3,5	X	X	X	X	
S - 384	331-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	332-S-SO	2,8 - 3,2	X	X	X	X	
SG - 385	333-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	333-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X		
SG - 386	334-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	334-SG-SO	2,8 - 3,0	X	X	X		
SG - 387	335-SG-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	336-SG-SO	2,9 - 3,2	X	X	X	X	
SG - 388	337-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	337-SG-SO	1,0 - 1,3	X	X	X		
	338-SG-SO	2,8 - 3,2	X	X	X	X	
SG - 389	339-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	339-SG-SO	2,5 - 2,8	X	X	X		
SG - 390	340-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	340-SG-SO	2,0 - 2,2	X	X	X		
SG - 391	341-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	341-SG-SO	3,0 - 3,2	X	X	X		
SG - 392	342-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	342-SG-SO	3,0 - 3,3	X	X	X		
SG - 393	343-SG-SO	0,5 - 0,7				X	
	343-SG-SO	2,0 - 2,3	X	X	X		

Campos em branco significam parâmetros não analisados

TABELA 6.2.2. Identificação das Sondagens, Procedência e Parâmetros Analisados nas Amostras de Solo Coletadas 5/5

SONDAGEM	AMOSTRA	INTERVALO DE AMOSTRAGEM (m)	PARÂMETROS ANALISADOS				
			PAH	BTEX	TPH FRAC.	METAIS	PARÂMETROS FÍSICOS
S - 394	11-S-AG	1,0 - 1,2					X
	12-S-AG	2,0 - 2,2					X
S - 395	13-S-AG	1,5 - 1,7					X
S-396	Impenetrável a 2,5 m						
S-397	Não foi coletado amostra geotécnica, solo muito úmido						
S-398	Não foi coletado amostra geotécnica, solo muito úmido						
S - 399	350-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	350-S-SO	2,3 - 2,5	X	X	X		
	14-S-AG	2,8 - 2,9					X
S - 400	351-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	351-S-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
S - 401	352-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	352-S-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
S - 402	353-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	354-S-SO	2,9 - 3,2	X	X	X	X	
S - 403	355-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	355-S-SO	2,4 - 2,6	X	X	X		
S - 404	356-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	356-S-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
S - 405	357-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	357-S-SO	2,5 - 2,7	X	X	X		
S - 406	358-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	359-S-SO	3,0 - 3,2	X	X	X	X	
S - 407	360-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	361-S-SO	2,4 - 2,6	X	X	X	X	
S - 408	362-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	362-S-SO	1,4 - 1,6	X	X	X		
	363-S-SO	2,9 - 3,1	X	X	X	X	
S - 409	364-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	364-S-SO	2,8 - 3,1	X	X	X		
S - 410	365-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	366-S-SO	3,4 - 3,6	X	X	X	X	
S - 411	367-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	367-S-SO	3,0 - 3,1	X	X	X		
S - 412	368-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	368-S-SO	3,5 - 3,7	X	X	X		
S - 413	369-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	370-S-SO	3,4 - 3,6	X	X	X	X	
S - 414	371-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	371-S-SO	2,0 - 2,2	X	X	X		
S - 415	372-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	372-S-SO	1,8 - 2,1	X	X	X		
	373-S-SO	3,4 - 3,7	X	X	X	X	
S - 416	374-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	374-S-SO	3,5 - 3,7	X	X	X		
S - 417	375-S-SO	0,5 - 0,7	X	X	X	X	
	376-S-SO	3,5 - 3,7	X	X	X	X	
S - 418	392-S-SO	0,5 - 0,7				X	
	392-S-SO	1,5 - 1,7	X	X	X		
	393-S-SO	4,8 - 5,1	X	X	X	X	
S-419	Impenetrável a 0,80 m						

Campos em branco significam parâmetros não analisados

TABELA 6.5.1. Características Construtivas e Hidrogeológicas dos Poços de Monitoramento

POÇO	Cota da Boca do Poço (m)	Profundidade Total (m)	Seção Filtrante (m)	Intervalo da Seção Filtrante (m)	Resvestimento / Filtro	Abertura das Ranhuras (mm)	Tipos de Juntas	Método de Instalação	N.A.(m)	Carga Hidráulica (m)	Condutividade Hídrica (cm/s)
									Instalação		
PM - 01*	754,097	5,5	3,0	2,5 a 5,5	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	2,1	2,34	751,757
PM - 02*	753,727	3,5	2,0	1,5 a 3,5	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	1,9	1,91	751,817
PM - 03*	755,190	6,0	4,0	2,0 a 6,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	1,95		
PM - 05*	755,300	6,0	4,0	2,0 a 6,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	1,8		
PM - 06*	756,632	5,0	3,0	2,0 a 5,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	3,45	3,33	753,302
PM - 07*	756,137	7,5	3,0	4,5 a 7,5	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	4,47	4,96	751,177
PM - 08*	756,032	5,3	3,0	2,3 a 5,3	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	3,5	3,46	751,572
PM - 09*	756,575	7,2	3,0	4,2 a 7,2	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	4,4	4,29	752,285
PM - 11*	756,521	5	3,0	2,0 a 5,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	3,5	3,52	752,001
PM - 12*	756,951	6,3	3,0	3,3 a 6,3	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 4"	3,9	3,98	752,071
PM - 234	756,576	5,0	3,0	2,0 a 5,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	3,40	3,71	751,866
PM - 235	756,929	5,47	4,0	1,47 a 5,47	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	2,85	3,59	752,339
PM - 236	756,974	7,6	3,0	4,6 a 7,6	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	5,80	5,32	750,654
PM - 237	756,554	5,15	3,0	2,15 a 5,15	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	3,40	3,18	753,374
PM - 238	757,065	6,0	3,0	3,0 a 6,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	4,45	4,81	752,255
PM - 239	756,997	6,65	4,0	2,65 a 6,65	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	4,00	6,15	750,847
PM - 239 A	756,983	8,2	3,0	5,2 a 8,2	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	5,67	5,75	751,233
PM - 240	755,578	5,3	4,0	1,3 a 5,3	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	2,00	1,24	754,338
PM - 241	753,631	14,56	2,0	12,56 a 14,56	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	10,25	9,34	744,291
PM - 242	753,727	9,81	3,0	6,81 a 9,81	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	9,40	9,10	744,627
PM - 243	755,970	23,0	2,0	21,0 a 23,0	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	17,80	17,72	738,25
PM - 244	756,10	19,9	2,0	17,9 a 19,9	Tubo geomecânico DN50	0,5	Roscável	Trado manual de 6"	18,80	18,19	737,913

(*) Poços de monitoramento instalados pela Empresa B

(-) Informações não encontradas em relatório anterior

(-) Teste não realizado - poço seco no dia do ensaio

TABELA 6.6.1. Identificação dos Poços, Procedência e Parâmetros Analisados nas Amostras de Água Subterrânea Coletadas

POÇOS	AMOSTRA	Parâmetros			
		TPH FRAC.	METAIS	SVOC	VOC
PM-01	18-PM-AS	X	X	X	X
PM-02	10-PM-AS	X	X	X	X
PM-06	09-PM-AS	X	X	X	X
PM-07	08-PM-AS	X	X	X	X
PM-08	07-PM-AS	X	X	X	X
PM-09	06-PM-AS	X	X	X	X
PM-11	21-PM-AS	X	X	X	X
PM-12	05-PM-AS	X	X	X	X
PM-234	01-PM-AS	X	X	X	X
PM-235	02-PM-AS	X	X	X	X
PM-236	19-PM-AS	X	X	X	X
PM-237	04-PM-AS	X	X	X	X
PM-238	03-PM-AS	X	X	X	X
PM-239-A	16-PM-AS	X	X	X	X
PM-240	13-PM-AS	X	X	X	X
PM-241	14-PM-AS	X	X	X	X
Réplica PM-241	15-PM-AS	X	X	X	X
PM-242	12-PM-AS	X	X	X	X
PM-243	17-PM-AS	X	X	X	X
PM-244	20-PM-AS	X	X	X	X
Branco de Campo	11-PM-AS	X	X	X	X

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo 1/8

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

(3) = Diretiva n°010-2006-C

(S) - Dilemma II 510-2000-C

(-) Valor não referenciado

Concentração Acima do Padrão de Referência

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo 2/8

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

(3) = Diretoria nº010-2006-C

(-) Valor não referenciado

Concentração Acima do Padrão de Referência

(3) = Diretoria nº010-2006-C

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo - 3/8

LD = Limite de Detecção do método analítico

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(-) Valor não referenc

LC = Limite de Quantificação do método analítico

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

Concentração Acima do Padrão de Referência

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico.

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo.

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico.

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

(3) = Diretoria nº010-2006-C

(-) Valor não referenciado

Concentração Acima do Padrão de Referência

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo 5/8

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico.

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

(3) = Diretoria nº 010-2006-C

(-) Valor não referenciado

Concentração Acima do Padrão de Referência

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo 6/8

LD = Limite de Detecção do método analítico

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(-) Valor não referenciado

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

Concentração Acima do Padrão de Referência

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico.

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo 7/8

PARÂMETROS	Procedência			SG - 388		SG - 389	SG - 390	SG - 391	SG - 392	SG - 393	S - 399	S - 400	S - 401	S - 402		S - 403	S - 404	S - 405	S - 406		S - 407	Valores de Referência
	Identificação da Amostra			337-SG-SO	338-SG-SO	339-SG-SO	340-SG-SO	341-SG-SO	342-SG-SO	343-SG-SO	350-S-SO	351-S-SO	352-S-SO	353-S-SO	354-S-SO	355-S-SO	356-S-SO	357-S-SO	358-S-SO	359-S-SO	360-S-SO	
	Intervalo Amostrado (m)			1,0 - 1,3	2,8 - 3,2	2,5 - 2,8	2,0 - 2,2	3,0 - 3,2	3,0 - 3,3	2,0 - 2,3	2,3 - 2,5	2,5 - 2,7	2,5 - 2,7	0,5 - 0,7	2,9 - 3,2	2,4 - 2,6	2,5 - 2,7	2,5 - 2,7	0,5 - 0,7	3,0 - 3,2	0,5 - 0,7	
PAH	UNIDADE	LD	LQ																			
Naftaleno	mg/kg	0,0008	0,001	0,157							0,0047											90 ⁽¹⁾
Acenaftileno	mg/kg	0,0008	0,001	0,023																		0,006
Acenafteno	mg/kg	0,0008	0,001	0,0417																		0,0098
Fluoreno	mg/kg	0,0008	0,001	0,1174																		33000 ⁽²⁾
Fenanreno	mg/kg	0,0008	0,001	0,3702							0,0203	0,0206										0,0094
Antraceno	mg/kg	0,0008	0,001	0,0473																		0,1623
Fluoranteno	mg/kg	0,0008	0,001	0,0235				0,0089			0,0047	0,0082										0,0546
Pireno	mg/kg	0,0008	0,001	0,0126				0,0068			0,0066											0,3958
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,0008	0,001	0,0048							0,0041											0,352
Criseno	mg/kg	0,0008	0,001	0,0139																		0,2245
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	0,0008	0,001																			0,1768
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,0008	0,001																			0,1502
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,0008	0,001																			0,043
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	0,0008	0,001																			3,5 ⁽¹⁾
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,0008	0,001																			1,3 ⁽¹⁾
Benzo(ghi)períleno	mg/kg	0,0008	0,001																			0,0497
BTEX																						
Benzeno	mg/kg	0,001	0,005																			0,15 ⁽¹⁾
Tolueno	mg/kg	0,001	0,005																			75 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	mg/kg	0,001	0,005																			95 ⁽¹⁾
Xilenos Totais	mg/kg	0,001	0,005																			70 ⁽¹⁾
TPH																						
TPH GRO (C6-C10)	mg/kg	0,001	0,005	1,335																		-
TPH DRO + ORO(C10-C32)	mg/kg	0,3	0,5	85,724					13,946													-
TPH ORO (C21-C32)	mg/kg	0,3	0,5	21,485																		-
SOMATÓRIA TPHs	mg/kg	0,001	0,005	87,059				13,948														1000 ⁽³⁾
TPH Alifáticos																						
>C6-C8	mg/kg	0,001	0,005	0,38																		-
>C8-C10	mg/kg	0,001	0,005	0,269																		-
C10-C12	mg/kg	0,3	0,5	3,867				0,766														-
C12-C16	mg/kg	0,3	0,5	11,515																		-
C16-C21	mg/kg	0,3	0,5	12,439				3,044														-
C21-C32	mg/kg	0,3	0,5	9,984				10,136														-
TPH Aromáticos																						
C8-C10	mg/kg	0,001	0,005	0,687																		-
C10-C12	mg/kg	0,3	0,5	4,994																		-
C12-C16	mg/kg	0,3	0,5	13,739																		-
C16-C21	mg/kg	0,3	0,5	17,685																		-
C21-C32	mg/kg	0,3	0,5	11,5																		-

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

(3) = Diretria n°010-2006-C

(-) Valor não referenciado

Concentração Acima do Padrão de Referência

TABELA 7.2.1.1. Resultados Analíticos de PAH, BTEX e TPH no Solo

PARÂMETROS	Procedência			S - 407	S - 408		S - 409	S - 410		S - 411	S - 412	S - 413		S - 414	S - 415		S - 416	S - 417		S - 418		Valores de Referência		
	Identificação da Amostra			361-S-SO	362-S-SO	363-S-SO	364-S-SO	365-S-SO	366-S-SO	367-S-SO	368-S-SO	369-S-SO	370-S-SO	371-S-SO	372-S-SO	373-S-SO	374-S-SO	375-S-SO	376-S-SO	392-S-SO	393-S-SO			
	Intervalo Amostrado (m)			2,4 - 2,6	1,4 - 1,6	2,9 - 3,1	2,8 - 3,1	0,5 - 0,7	3,4 - 3,6	3,0 - 3,1	3,5 - 3,7	0,5 - 0,7	3,4 - 3,6	2,0 - 2,2	1,8 - 2,1	3,4 - 3,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	3,5 - 3,7	1,5 - 1,7	4,8 - 5,1			
PAH	UNIDADE	LD	LQ																					
Naftaleno	mg/kg	0,0008	0,001	1,0268	0,6417	0,2538			0,0079					0,066	0,0275		0,0296	0,0089					90 (1)	
Acenaftileno	mg/kg	0,0008	0,001	0,2284	0,1046	0,0137																	-	
Acenafteno	mg/kg	0,0008	0,001	0,4254	0,2295	0,0297			0,0055									0,006					33000 (2)	
Fluoreno	mg/kg	0,0008	0,001	0,8044	0,3731	0,0482																	22000 (2)	
Fenanreno	mg/kg	0,0008	0,001	1,7958	1,2203	0,1031			0,0319			0,0141							0,0107				95 (1)	
Antraceno	mg/kg	0,0008	0,001	0,1578	0,1243	0,0092			0,006														170000 (2)	
Fluoranteno	mg/kg	0,0008	0,001		0,0272				0,0521			0,0362					0,012	0,007					22000 (2)	
Pireno	mg/kg	0,0008	0,001	0,1482	0,1139	0,0077			0,0369			0,0459				0,0101	0,0083						17000 (2)	
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0,0008	0,001						0,0044			0,0243											65 (1)	
Criseno	mg/kg	0,0008	0,001						0,0053			0,0387				0,0041							0,002	
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	0,0008	0,001									0,0178											2,1 (2)	
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	0,0008	0,001									0,004											21 (2)	
Benzo(a)pireno	mg/kg	0,0008	0,001									0,0191											0,136	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg	0,0008	0,001																				130 (1)	
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg	0,0008	0,001																				1,3 (1)	
Benzo(ghi)penieno	mg/kg	0,0008	0,001									0,0114											-	
BTEX																								
Benzeno	mg/kg	0,001	0,005																				0,15 (1)	
Tolueno	mg/kg	0,001	0,005																				0,083	
Etilbenzeno	mg/kg	0,001	0,005																				75 (1)	
Xilenos Totais	mg/kg	0,001	0,005		0,081																		95 (1)	
TPH																							70 (1)	
TPH GRO (C6-C10)	mg/kg	0,001	0,005	9,066	4,934	3,684																	-	
TPH DRO + ORO(C10-C32)	mg/kg	0,3	0,5	1586,869	466,602	45,544							102,459	37,226	29,143	20,399		46,812						-
TPH ORO (C21 - C32)	mg/kg	0,3	0,5	262,073	59,182	8,742										11,053							-	
SOMATÓRIA TPHs	mg/kg	0,001	0,005	1595,935	473,736	49,228							102,459	37,226	29,143	20,399		46,812					0,958	
TPH Alifáticos																							1000 (2)	
>C6-C8	mg/kg	0,001	0,005	0,092	0,276	0,238																	0,694	
>C8-C10	mg/kg	0,001	0,005	8,974	4,658	0,75																	0,07	
C10-C12	mg/kg	0,3	0,5	45,996	21,4	2,812							2,232	3,825	4,237			1,419						-
C12-C16	mg/kg	0,3	0,5	333,957	115,097	7,741							3,235	2,436	2,578	1,796		1,272						-
C16-C21	mg/kg	0,3	0,5	377,373	105,891	7,746							24,16	5,702	4,34	1,377		6,761						-
C21-C32	mg/kg	0,3	0,5	153,484	29,721	4,312							72,832	25,263	17,988	5,282		37,358						-
TPH Aromáticos																							-	
C8-C10	mg/kg	0,001	0,005			2,615																	-	
C10-C12	mg/kg	0,3	0,5	89,174	24,433	2,675																	-	
C12-C16	mg/kg	0,3	0,5	206,385	65,352	8,184											3,068						-	
C16-C21	mg/kg	0,3	0,5	271,912	77,447	7,645											3,106						-	
C21-C32	mg/kg	0,3	0,5	108,589	29,461	4,429											5,771						-	

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico.

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio de 2016

(3) = Diretoria nº 010-2006-

(-) Valor não referenciado

Concentração Acima do Padrão de Referência

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

PARÂMETROS	Procedência		SG - 286		SG - 287		SG - 288		SG - 289	SG - 290	SG - 291	SG - 292	SG - 293	SG - 294	SG - 295	SG - 296	SG - 297	SG - 298	SG - 299	SG - 300	SG - 301	SG - 302	SG - 303	Valores de Referência	
	Identificação da Amostra		225-SG-SO	226-SG-SO	227-SG-SO	228-SG-SO	229-SG-SO	230-SG-SO	231-SG-SO	232-SG-SO	233-SG-SO	234-SG-SO	235-SG-SO	236-SG-SO	237-SG-SO	238-SG-SO	239-SG-SO	240-SG-SO	241-SG-SO	242-SG-SO	243-SG-SO	244-SG-SO	245-SG-SO		
	Intervalo Amostrado (m)		0,5 - 0,7	1,7 - 2,0	0,5 - 0,7	2,4 - 2,7	0,5 - 0,8	1,8 - 2,2	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,8	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7			
	UNIDADE	LD	LQ																						
Antimônio	mg/kg	0,10	0,25					0,40	0,66		0,47	0,44	0,55	0,73	0,69		0,58				1,06		0,29	0,52	
Arsênio	mg/kg	0,10	0,25	0,59	0,44	0,50	1,41	1,27	0,38	0,43	0,53	1,12	1,60	1,72	1,17	1,54	0,44	0,59	0,76	1,46	0,46	0,48	1,44	0,54	25 ⁽¹⁾
Bálio	mg/kg	0,10	0,50	4,72	52,12	5,22	6,07	6,16	37,94	48,33	6,86	6,81	7,01	6,90	184,54	7,67	50,39	73,76	60,17	5,02	4,89	8,93	7,86	69,56	150 ⁽¹⁾
Berílio	mg/kg	0,10	0,50		0,93											2,39		0,66	1,21	2,58					750 ⁽¹⁾
Boro	mg/kg	0,25	0,50	1,15	0,66	0,75	1,13	0,62	1,86	1,33	1,46	0,74	0,87	0,70	1,22	0,91	1,08	1,44	1,75	0,71	1,13	1,14	1,56	2,18	20000 ⁽²⁾
Cádmio	mg/kg	0,02	0,05	0,10	0,11	0,14	0,18	0,14	0,07	0,13	0,19	0,15	4,97	0,15	0,11	0,18	0,05	0,05	0,08	0,21	0,06	0,11	0,14	0,07	20 ⁽¹⁾
Chumbo	mg/kg	0,10	0,50	7,07	7,08	7,03	10,50	15,52	3,39	22,62	31,43	18,60	15,67	14,95	18,06	13,85	5,39	6,01	12,30	16,02	11,81	28,84	23,24	10,64	900 ⁽¹⁾
Cobre	mg/kg	0,05	0,25	5,78	6,62	6,59	10,80	12,46	6,14	11,41	8,49	8,05	19,04	16,30	24,86	18,38	6,21	11,68	11,61	20,72	3,27	4,12	14,13	15,21	600 ⁽¹⁾
Cromo III	mg/kg	0,25	0,50	13,01	9,41	14,65	27,72	47,96	9,64	21,96	33,49	38,78	66,77	49,17	20,90	37,16	8,31	16,84	19,36	64,00	12,68	20,52	34,22	17,10	1500000 ⁽²⁾
Cromo VI	mg/kg	0,40	2,00																						5,6 ⁽²⁾
Cromo Total	mg/kg	0,25	0,50	13,01	9,41	14,65	27,72	47,96	9,64	21,96	33,49	38,78	66,77	49,17	20,90	37,16	8,31	16,84	19,36	64,00	12,68	20,52	34,22	17,10	400 ⁽¹⁾
Ferro Total	mg/kg	0,50	2,50	24343,47	9536,35	27263,67	47575,93	60471,45	11345,13	31444,15	41731,87	51628,54	99643,89	75587,61	37592,86	85859,76	11516,00	22178,36	33325,28	117011,44	11007,59	58714,36	16047,47	21235,88	720000 ⁽²⁾
Manganês	mg/kg	0,25	0,50	4,95	136,78	3,76	5,29	19,28	92,88	166,99	21,25	21,04	20,31	11,15	651,06	11,77	127,12	196,62	213,74	14,75	6,30	36,54	24,51	159,92	23000 ⁽²⁾
Mercúrio	mg/kg	0,02	0,10																						70 ⁽¹⁾
Níquel	mg/kg	0,25	0,50	1,03	4,36	1,19	1,46	2,28	4,70	4,14	1,75	1,99	3,06	2,29	15,91	2,42	4,02	9,77	13,92	3,04	0,75	0,92	2,23	11,91	130 ⁽¹⁾
Prata	mg/kg	0,25	0,50																						100 ⁽¹⁾
Selênio	mg/kg	0,05	0,25																						5100 ⁽²⁾
Vanádio	mg/kg	0,10	0,50	48,28	16,44	54,03	92,08	117,11	16,03	57,64	85,15	97,31	175,00	134,48	50,81	147,93	18,32	30,08	43,81	182,72	36,76	44,87	118,96	29,05	72 ⁽²⁾
Zinco	mg/kg	0,25	0,50	10,08	21,77	8,42	14,97	37,88	22,07	140,40	19,40	34,02	30,02	26,30	72,32	65,03	21,64	48,66	57,37	28,15	12,13	60,81	41,82	109,23	2000 ⁽¹⁾

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

PARÂMETROS	Procedência		SG - 304	SG - 305	SG - 306	SG - 307	SG - 308	SG - 309	SG - 310	SG - 311		SG - 312	SG - 313	SG - 314	SG - 315	SG - 316	SG - 317		SG - 318	SG - 319		SG - 320	Valores de Referência
	Identificação da Amostra																						

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

PARÂMETROS	Procedência		SG - 320		SG - 321		SG - 322		SG - 323		S - 327		SG - 328		SG - 329		S - 330		S - 331		SG - 332		S - 333		SG - 334		S - 335		SG - 336		Valores de Referência
	Identificação da Amostra		267-SG-SO	268-SG-SO	269-SG-SO	270-SG-SO	271-SG-SO	272-SG-SO	273-SG-SO	284-S-SO	285-S-SO	286-SG-SO	287-SG-SO	288-S-SO	289-S-SO	290-S-SO	291-SG-SO	292-S-SO	293-S-SO	294-SG-SO	297-S-SO	298-S-SO	295-SG-SO								
	Intervalo Amostrado (m)		1,8 - 2,1	0,5 - 0,7	2,3 - 2,6	0,5 - 0,7	2,4 - 2,6	0,5 - 0,7	2,4 - 2,7	0,5 - 0,7	2,4 - 2,6	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	2,4 - 2,6	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,3 - 0,5	2,0 - 2,2	0,5 - 0,7	0,4 - 0,5	2,0 - 2,2	0,4 - 0,5						
	UNIDADE	LD	LQ																												
Antimônio	mg/kg	0,10	0,25																												
Arsênio	mg/kg	0,10	0,25	0,33	0,56	0,26	0,38	0,34	0,98									0,28	0,31	0,33	0,30									25 ⁽¹⁾	
Bário	mg/kg	0,10	0,50	35,16	44,02	39,64	51,89	34,04	69,40	27,58	16,60	10,90	59,82	23,85	51,22	9,46	14,43	42,73	26,91	11,64	50,85	57,29	7,07	21,56				150 ⁽¹⁾			
Berílio	mg/kg	0,10	0,50		1,05		0,75		0,74						1,03														2000 ⁽²⁾		
Boro	mg/kg	0,25	0,50	1,97	2,65	2,96	2,76	4,23	2,67	2,38	1,98	1,83	1,44	1,69	1,38	1,65	1,03	1,74	1,55	1,47	1,67	1,73	1,17	1,05				200000 ⁽²⁾			
Cádmio	mg/kg	0,02	0,05		0,08	0,10	0,10		0,09		0,08	0,06		0,07	0,07		0,08	0,11	0,08	0,21	0,08	0,09	0,08	0,09				20 ⁽¹⁾			
Chumbo	mg/kg	0,10	0,50	7,62	6,39	10,02	7,84	9,27	17,47	8,47	6,53	5,79	7,22	2,30	8,82	3,59	8,32	10,78	10,64	8,29	16,04	6,55	7,17	9,04				900 ⁽¹⁾			
Cobre	mg/kg	0,05	0,25	8,15	13,81	4,42	8,41	4,76	13,46	3,81	4,05	1,70	7,31	6,27	7,35	1,21	4,13	6,55	6,15	2,38	7,04	7,78	2,27	4,86				600 ⁽¹⁾			
Cromo III	mg/kg	0,25	0,50	13,54	24,35	8,64	16,91	13,68	21,06	8,75	7,39	5,47	9,64	7,09	13,09	4,31	14,32	9,47	26,76	6,97	9,88	10,64	5,54	11,56				1500000 ⁽²⁾			
Cromo VI	mg/kg	0,40	2,00																										5,6 ⁽²⁾		
Cromo Total	mg/kg	0,25	0,50	13,54	24,35	8,64	16,91	13,68	21,06	8,75	7,39	5,47	9,64	7,09	13,09	4,31	14,32	9,47	26,76	6,97	9,88	10,64	5,54	11,56				400 ⁽¹⁾			
Ferro Total	mg/kg	0,50	2,50	30225,44	12212,27	3288,34	26947,09	3912,33	5478,95	960,35	12616,88	876,04	10788,83	7061,72	15773,38	1722,60	16065,96	9547,75	29944,36	826,55	11022,01	12988,11	280,66	5750,43				720000 ⁽²⁾			
Manganês	mg/kg	0,25	0,50	122,95	117,01	155,50	117,19	48,57	171,58	47,94	53,10	11,02	253,26	36,88	109,20	4,69	70,18	70,81	69,19	11,21	76,87	170,66	1,96	21,30				23000 ⁽²⁾			
Mercúrio	mg/kg	0,02	0,10																									70 ⁽¹⁾			
Níquel	mg/kg	0,25	0,50	3,68	10,31	2,04	4,09	2,46	7,29	2,15	1,96	1,54	5,47	2,64	3,55	1,09	2,01	3,41	2,54	1,51	4,22	4,44	1,00	2,78				130 ⁽¹⁾			
Prata	mg/kg	0,25	0,50																									100 ⁽¹⁾			
Selênio	mg/kg	0,05	0,25			0,44		0,41		0,36										0,48	0,85	0,45	0,37				0,38	0,32	5100 ⁽²⁾		
Vanádio	mg/kg	0,10	0,50	30,12	40,41	5,59	29,18	11,54	43,04	9,13	21,09	6,55	20,02	15,38	33,22	10,20	35,03	22,68	72,59	6,92	23,55	26,21	3,84	24,96				72 ⁽²⁾			
Zinco	mg/kg	0,25	0,50	40,06	48,56	19,58	28,91	19,86	51,33	13,53	24,85	13,86	32,96	20,26	28,90	11,84	19,45	25,41	24,36	33,02	32,42	24,51	6,50	20,36				2000 ⁽¹⁾			

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

PARÂMETROS	Procedência			SG - 337	SG - 338	SG - 339	S - 340		S - 341		S - 342		SG - 343	S - 344		S - 345		S - 346	S - 347	S - 348	S - 349		S - 350	Valores de Referência	
	Identificação da Amostra			296-SG-SO	299-SG-SO	302-SG-SO	278-S-SO	279-S-SO	280-S-SO	281-S-SO	282-S-SO	283-S-SO	305-SG-SO	303-S-SO	304-S-SO	300-S-SO	301-S-SO	308-S-SO	310-S-SO	312-S-SO	390-S-SO	391-S-SO	384-S-SO	385-S-SO	
	Intervalo Amostrado (m)			0,4 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	3,5 - 3,6	0,3 - 0,5	2,5 - 3,0	0,3 - 0,5	2,3 - 2,5	0,5 - 0,6	0,3 - 0,5	1,5 - 1,7	0,3 - 0,5	2,7 - 2,8	0,4 - 0,5	0,5 - 0,7	0,3 - 0,5	0,5 - 0,7	3,0 - 3,2	0,5 - 0,7	3,4 - 3,6	
	UNIDADE	LD	LQ																						
Antimônio	mg/kg	0,10	0,25																					25 (1)	
Arsênio	mg/kg	0,10	0,25	0,49	0,31	0,25	0,34			0,32	0,38	0,46	0,36	3,12										150 (1)	
Bárho	mg/kg	0,10	0,50	59,85	65,42	37,30	99,52	9,50	54,33	20,62	89,94	60,04	58,76	359,74	4,66	56,99	14,06	47,69	66,00	76,43	60,35	11,04	73,32	5,60	750 (1)
Berílio	mg/kg	0,10	0,50	1,09	1,52	0,76	1,57		1,14		1,01	1,20	1,41	6,99										2000 (2)	
Boro	mg/kg	0,25	0,50	0,74	1,75	1,79	0,80	0,69	0,89	0,76	0,94	0,89	1,42	12,89	1,57	0,69	1,59	1,04	2,33	1,69	1,39	1,55	1,60	3,02	200000 (2)
Cádmio	mg/kg	0,02	0,05	0,11	0,06			0,07	0,10	0,09	0,11		0,09	0,82	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	0,12				0,08	20 (1)
Chumbo	mg/kg	0,10	0,50	7,56	8,26	4,74	8,24	3,98	8,78	5,74	26,38	4,57	7,63	93,58	3,99	7,49	10,45	12,64	12,63	19,23	10,49	5,66	5,46	2,93	900 (1)
Cobre	mg/kg	0,05	0,25	9,35	8,19	4,18	7,55	1,72	8,15	5,54	11,30	7,87	8,03	57,97	2,32	9,45	6,24	6,81	16,93	12,51	6,05	4,60	11,10	1,65	600 (1)
Cromo III	mg/kg	0,25	0,50	10,72	10,10	4,72	8,91	4,61	12,42	13,54	13,14	10,59	9,33	111,78	3,31	11,83	12,84	28,93	29,77	18,52	13,20	13,66	13,47	4,37	1500000 (2)
Cromo VI	mg/kg	0,40	2,00																					5,6 (2)	
Cromo Total	mg/kg	0,25	0,50	10,72	10,10	4,72	8,91	4,61	12,42	13,54	13,14	10,59	9,33	111,78	3,31	11,83	12,84	28,93	29,77	18,52	13,20	13,66	13,47	4,37	400 (1)
Ferro Total	mg/kg	0,50	2,50	14190,00	12583,68	5513,88	11825,63	1322,65	15151,48	12420,15	15077,21	13603,26	10767,74	134909,11	421,70	12557,37	630,92	24231,17	28979,09	21129,40	5570,93	1529,55	12400,47	570,06	720000 (2)
Manganês	mg/kg	0,25	0,50	228,35	242,07	117,86	299,46	6,52	230,06	57,80	172,38	101,90	261,27	1056,63	5,71	193,12	6,81	238,54	129,96	304,80	177,76	23,01	213,45	6,88	23000 (2)
Mercúrio	mg/kg	0,02	0,10																					70 (1)	
Níquel	mg/kg	0,25	0,50	6,14	5,73	3,89	7,06	2,08	3,88	2,11	5,77	5,84	7,11	36,45	0,60	6,49	2,22	2,91	7,81	7,99	2,08	2,07	5,67	0,94	130 (1)
Prata	mg/kg	0,25	0,50																					100 (1)	
Selénio	mg/kg	0,05	0,25	0,45																				5100 (2)	
Vanádio	mg/kg	0,10	0,50	27,08	25,76	11,40	24,29	5,73	28,30	38,76	32,76	27,41	21,93	288,64	2,88	25,49	7,10	53,74	54,87	42,03	22,28	9,16	20,91	2,42	72 (2)
Zinco	mg/kg	0,25	0,50	37,29	34,13	26,01	44,25	13,57	24,70	15,82	46,79	30,48	47,72	221,30	7,67	38,22	9,33	28,23	40,52	44,11	9,22	7,85	33,49	5,44	2000 (1)

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os resultados que apresentam concentração abaixo do Limite de Detecção do método analítico

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio 2010

Concentração acima do Valor de Referência

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

PARÂMETROS	Procedência		S - 351		S - 352		S - 353		S - 354		SG - 355		SG - 362	SG - 363	SG - 364	SG - 365		S - 367	SG - 368	SG - 369		SG - 370		Valores de Referência		
	Identificação da Amostra		388-S-SO	389-S-SO	386-S-SO	387-S-SO	382-S-SO	383-S-SO	380-S-SO	381-S-SO	314-SG-SO	315-SG-SO	316-SG-SO	317-SG-SO	327-SG-SO	344-SG-SO	345-SG-SO	377-S-SO	328-SG-SO	318-SG-SO	319-SG-SO	325-SG-SO	326-SG-SO			
	Intervalo Amostrado (m)		0,5 - 0,7	3,5 - 3,8	0,4 - 0,5	3,4 - 3,6	0,5 - 0,7	3,0 - 3,2	0,5 - 0,7	3,3 - 3,5	0,8 - 1,0	1,8 - 2,0	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	2,2 - 2,5	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	2,4 - 2,7	0,5 - 0,7	2,3 - 2,5				
	UNIDADE		LD	LQ																						
Antimônio	mg/kg	0,10	0,25			0,47		0,29		0,30									0,45	0,31					25 ⁽¹⁾	
Arsênio	mg/kg	0,10	0,25	0,28		3,51		0,96	3,26	3,50	0,76	0,61	0,30	0,40	0,34	1,39	1,17	2,22	0,82	1,87	1,01			0,43	0,55	150 ⁽¹⁾
Bário	mg/kg	0,10	0,50	23,89	8,33	2,67	8,86	49,17	3,13	58,94	6,95	32,24	90,80	111,39	79,31	70,46	88,02	51,89	35,60	94,10	408,73	23,23	39,32	22,56	750 ⁽¹⁾	
Berílio	mg/kg	0,10	0,50	1,36						0,57		0,63	1,14	1,14	0,63			0,91	0,82		2,31	1,84			0,73	2000 ⁽²⁾
Boro	mg/kg	0,25	0,50	3,16	6,42	1,22	1,99	2,94	3,49	2,28	3,23	1,26	1,27	1,34	1,18		2,49	2,56	2,31	0,60	1,04			0,69	200000 ⁽²⁾	
Cádmio	mg/kg	0,02	0,05	0,93		0,15	0,07					0,10	0,08	0,12	0,10	0,08					0,10				20 ⁽¹⁾	
Chumbo	mg/kg	0,10	0,50	5,15	4,32	8,96	4,85	7,35	1,22	9,82	2,59	7,74	12,28	11,19	12,72	8,49	17,51	11,51	9,08	4,12	152,15	7,31	8,48	8,95	900 ⁽¹⁾	
Cobre	mg/kg	0,05	0,25	10,32	2,01	10,60	3,03	10,57	0,78	12,07	1,10	11,54	13,42	15,94	8,69	5,90	19,06	11,75	9,02	6,24	21,26	1,92	8,87	4,04	600 ⁽¹⁾	
Cromo III	mg/kg	0,25	0,50		5,51	56,69	8,70	35,35		13,97	3,99	14,33	17,01	17,03	13,21	12,88	34,68	45,30	16,55	11,62	15,89	8,80	26,17	21,76	1500000 ⁽²⁾	
Cromo VI	mg/kg	0,40	2,00	4,02					2,99									8,75							5,6 ⁽²⁾	
Cromo Total	mg/kg	0,25	0,50	4,12	5,51	56,69	8,70	35,35	3,02	13,97	3,99	14,33	17,01	17,03	13,21	12,88	34,68	54,05	16,55	11,62	15,89	8,80	26,17	21,76	400 ⁽¹⁾	
Ferro Total	mg/kg	0,50	2,50	4274,50	829,62	58903,88	1178,05	22483,70	569,14	15902,12	325,06	18118,07	15291,73	24174,35	13776,89	9083,27	35260,52	20179,71	15499,53	9404,72	36591,33	1159,69	21700,90	3566,05	720000 ⁽²⁾	
Manganês	mg/kg	0,25	0,50	52,21	11,55	13,67	14,82	192,30	5,92	141,44	3,71	101,94	239,93	401,30	158,62	117,60	194,33	117,72	110,07	209,65	1787,78	15,40	112,78	16,36	23000 ⁽²⁾	
Mercurio	mg/kg	0,02	0,10																						70 ⁽¹⁾	
Niquel	mg/kg	0,25	0,50	3,90	1,46	1,45	1,58	6,35	0,67	5,10	1,25	5,12	10,11	10,02	4,73	1,60	9,11	5,70	3,56	12,49	8,54	2,98	4,52	3,58	130 ⁽¹⁾	
Prata	mg/kg	0,25	0,50																						100 ⁽¹⁾	
Selênio	mg/kg	0,05	0,25												0,36			0,69	0,68						5100 ⁽²⁾	
Vanádio	mg/kg	0,10	0,50	8,23	3,69	138,76	4,70	43,14	1,73	35,31	1,64	34,15	35,74	37,77	27,25	19,60	70,35	55,19	36,77	22,11	91,50	10,96	46,69	28,03	72 ⁽²⁾	
Zinco	mg/kg	0,25	0,50	13,08	5,41	14,62	8,66	38,92	2,94	27,14	2,22	30,05	60,99	53,36	26,36	7,35	49,73	30,42	22,33	44,31	43,40	6,82	26,07	11,17	2000 ⁽¹⁾	

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

PARÂMETROS	Procedência		S - 371		S - 372		SG - 375		SG - 376		SG - 377		SG - 378		S - 379		S - 380		S - 381		S - 382		S - 383		S - 384	
------------	-------------	--	---------	--	---------	--	----------	--	----------	--	----------	--	----------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--	---------	--

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo																						
PARÂMETROS	Procedência		SG - 388		SG - 389	SG - 390	SG - 391	SG - 392	SG - 393	S - 399	S - 400	S - 401	S - 402		S - 403	S - 404	S - 405	S - 406		S - 407	Valores de Referência	
	Identificação da Amostra		337-SG-SO	338-SG-SO	339-SG-SO	340-SG-SO	341-SG-SO	342-SG-SO	343-SG-SO	350-S-SO	351-S-SO	352-S-SO	353-S-SO	354-S-SO	355-S-SO	356-S-SO	357-S-SO	358-S-SO	359-S-SO	360-S-SO		
	Intervalo Amostrado (m)		0,5 - 0,7	2,8 - 3,2	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	2,9 - 3,2	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	3,0 - 3,2	0,5 - 0,7			
	UNIDADE	LD	LQ																			
Antimônio	mg/kg	0,10	0,25			0,31				0,98	0,78	0,86	0,85	0,33	0,43	0,32	0,54	0,63	0,60	0,73	25 ⁽¹⁾	
Arsênio	mg/kg	0,10	0,25	1,05	0,30	2,02	1,40	0,88	1,21	0,81	1,99	2,11	1,72	1,71	1,97	2,01	1,17	2,33	1,58	2,20	150 ⁽¹⁾	
Bártio	mg/kg	0,10	0,50	135,87	14,30	52,22	66,84	73,90	138,80	56,13	87,94	78,16	61,67	65,12	15,31	166,14	78,86	97,69	145,48	12,00	32,40	750 ⁽¹⁾
Berílio	mg/kg	0,10	0,50	2,09		1,80	1,44	0,98	1,81	1,72	1,04	1,39	1,17	1,40		1,97	1,23	2,07	0,79		2000 ⁽²⁾	
Boro	mg/kg	0,25	0,50	1,30	1,81	2,52	1,43	2,19	1,58	2,08	2,32	1,75	1,63	1,42	1,16	2,26	2,48	1,57	1,20	0,76	1,08	200000 ⁽²⁾
Cádmio	mg/kg	0,02	0,05	0,09																	20 ⁽¹⁾	
Chumbo	mg/kg	0,10	0,50	7,97	6,23	6,30	7,24	5,79	9,49	8,18	14,67	8,38	7,92	25,98	6,93	9,78	7,31	9,56	9,51	8,54	8,66	900 ⁽¹⁾
Cobre	mg/kg	0,05	0,25	10,18	2,73	12,52	10,26	9,00	12,15	7,49	8,68	9,38	8,11	14,12	1,66	11,31	7,90	10,10	7,64	2,83	6,39	600 ⁽¹⁾
Cromo III	mg/kg	0,25	0,50	15,08	3,55	16,26	10,07	6,66	16,51	12,89	16,87	14,79	13,70	30,14	8,38	7,21	6,68	11,00	6,29	5,90	5,34	1500000 ⁽²⁾
Cromo VI	mg/kg	0,40	2,00		4,55		3,33	7,00								10,27	3,81	3,57	4,97		6,15	5,6 ⁽²⁾
Cromo Total	mg/kg	0,25	0,50	15,08	8,10	16,26	13,40	13,65	16,51	12,89	16,87	14,79	13,70	30,14	8,38	17,49	10,49	14,56	11,26	5,90	11,48	400 ⁽¹⁾
Ferro Total	mg/kg	0,50	2,50	13885,23	3256,98	17375,79	13237,79	11819,17	15579,27	12088,57	18973,07	13951,23	11749,06	31054,16	6183,41	16488,48	9498,66	13569,79	10315,55	524,44	11105,96	720000 ⁽²⁾
Manganês	mg/kg	0,25	0,50	260,52	13,04	161,86	245,98	196,66	501,59	85,44	371,20	118,58	79,53	168,03	8,17	305,76	126,59	237,00	261,82	5,54	51,08	23000 ⁽²⁾
Mercúrio	mg/kg	0,02	0,10																		70 ⁽¹⁾	
Níquel	mg/kg	0,25	0,50	13,86	2,18	10,86	8,90	8,04	12,21	8,61	5,76	11,64	9,95	8,91	1,28	14,87	8,59	13,70	8,03	1,74	3,82	130 ⁽¹⁾
Prata	mg/kg	0,25	0,50																		100 ⁽¹⁾	
Selénio	mg/kg	0,05	0,25	0,42	0,60	0,37	0,39	0,38	0,32	0,41											5100 ⁽²⁾	
Vanádio	mg/kg	0,10	0,50	23,54	10,77	34,55	25,82	21,50	30,37	22,73	39,58	22,49	18,59	60,35	12,32	27,31	18,63	23,95	19,97	3,93	25,89	72 ⁽²⁾
Zinco	mg/kg	0,25	0,50	55,90	6,40	52,23	43,30	39,77	63,16	37,26	31,90	61,64	55,79	73,69	4,52	72,94	46,86	66,36	60,61	7,23	22,67	2000 ⁽¹⁾

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo

TABELA 7.2.1.2. Resultados Analíticos de Metais no Solo																			Valores de Referência	
PARÂMETROS	Procedência		S - 407	S - 408		S - 409	S - 410		S - 411	S - 412	S - 413		S - 414	S - 415		S - 416	S - 417		S - 418	
	Identificação da Amostra		361-S-SO	362-S-SO	363-S-SO	364-S-SO	365-S-SO	366-S-SO	367-S-SO	368-S-SO	369-S-SO	370-S-SO	371-S-SO	372-S-SO	373-S-SO	374-S-SO	375-S-SO	376-S-SO	392-S-SO	393-S-SO
	Intervalo Amostrado (m)		2,4 - 2,6	0,5 - 0,7	2,9 - 3,1	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	3,4 - 3,6	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	3,4 - 3,6	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	3,4 - 3,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	3,5 - 3,7	0,5 - 0,7	4,8 - 5,1
UNIDADE	LD	LQ																		25 ⁽¹⁾
Antimônio	mg/kg	0,10	0,25	0,53	0,51	0,46	0,54	0,54	0,37	0,54	0,47	0,85								150 ⁽¹⁾
Arsênio	mg/kg	0,10	0,25	0,34	1,42		1,78	1,97		1,59	1,69	1,28		1,74	1,45		2,49	1,06		64,94
Bárho	mg/kg	0,10	0,50	9,61	32,29	14,39	102,59	85,20	13,14	75,06	87,11	55,29	18,08	21,59	16,55	20,07	60,17	59,21	13,96	39,12
Berílio	mg/kg	0,10	0,50	0,66			1,25	1,02		1,01	1,24	0,70								1,01
Boro	mg/kg	0,25	0,50	0,92	1,17	1,52	1,53	1,44	1,13	1,22	1,48	1,57	0,97	1,02	1,04	1,55	1,17	2,38	2,67	1,02
Cádmio	mg/kg	0,02	0,05																	0,12
Chumbo	mg/kg	0,10	0,50	9,25	18,33	9,80	6,25	7,38	7,82	6,92	8,23	17,31	10,83	10,10	9,36	11,30	6,96	18,30	8,45	3,17
Cobre	mg/kg	0,05	0,25	5,84	6,52	4,01	9,97	8,83	1,93	8,57	8,05	30,68	2,92	2,88	6,19	3,04	7,55	9,12	2,87	3,61
Cromo III	mg/kg	0,25	0,50	5,95	8,97	11,85	12,86	15,64	7,48	16,81	7,94	8,49	10,51	11,26	13,93	11,23	11,45	13,41	9,37	16,98
Cromo VI	mg/kg	0,40	2,00	2,14								4,92	5,59							5,6 ⁽²⁾
Cromo Total	mg/kg	0,25	0,50	8,09	8,97	11,85	12,86	15,64	7,48	16,81	12,86	14,08	10,51	11,26	13,93	11,23	11,45	13,41	9,37	400 ⁽¹⁾
Ferro Total	mg/kg	0,50	2,50	767,26	4826,07	610,57	11768,63	13963,97	419,86	16088,18	12222,34	11049,85	456,82	582,27	12969,73	499,93	11359,62	12994,18	580,07	4150,22
Manganês	mg/kg	0,25	0,50	11,22	60,87	15,68	174,53	136,33	5,30	79,13	167,56	98,46	9,07	13,76	53,00	10,63	66,96	195,44	5,79	149,95
Mercúrio	mg/kg	0,02	0,10																	70 ⁽¹⁾
Niquel	mg/kg	0,25	0,50	1,66	2,95	2,03	11,49	8,52	1,40	6,82	7,49	5,50	2,48	3,00	1,94	2,83	3,75	3,96	2,01	1,99
Prata	mg/kg	0,25	0,50																	5100 ⁽²⁾
Selênio	mg/kg	0,05	0,25																	72 ⁽²⁾
Vanádio	mg/kg	0,10	0,50	9,24	15,01	9,15	19,50	25,59	6,04	35,67	23,83	22,51	12,31	13,59	29,59	13,05	21,89	27,96	7,98	10,10
Zinco	mg/kg	0,25	0,50	12,42	21,70	5,31	72,12	52,14	3,61	53,70	82,58	37,60	6,31	7,53	13,30	8,57	23,27	23,70	4,60	32,11
																			2000 ⁽¹⁾	

LD = Limite de Detecção do método analítico

LO = Limite de Quantificação do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco, significam consentir.

(1) = CETESB 2005 - Valor de Intervenção Industrial

(2) = EPA ORNL - Maio 2010

Concentração acima do Valor de Referência

Tabela 7.2.1.3. Resultados dos Ensaios Geotécnicos (Parâmetros Físicos do Solo)

Sondagem	Identificação da Amostra	Intervalo Amostrado (m)	Densidade do solo (g/cm ³)	Porosidade Total (%)	Porosidade Eficativa (%)	Umidade Natural de Campo (%)	Água Disponível(%)	Conteúdo de água(%)
S - 394	11-S-AG	1,0 - 1,2	1,93	31	5	15	10	5
	12-S-AG	2,0 - 2,2	1,44	64	14	65	30	21
S - 395	13-S-AG	1,5 - 1,7	1,83	35	7	17	11	6
S - 399	14-S-AG	2,8 - 2,9	0,43	76	7	136	25	54

Sondagem	Identificação da Amostra	Intervalo Amostrado (m)	Granulometria (%)				Materia Orgânica (%)
			Areia	Silte	Argila	Classificação Textural	
S - 394	11-S-AG	1,0 - 1,2	34,0	27,0	39,0	Argila	1,4
	12-S-AG	2,0 - 2,2	18,0	58,0	24,0	Franco Siltoso	1,698
S - 395	13-S-AG	1,5 - 1,7	39,0	16,0	45,0	Argila	1,306
S - 399	14-S-AG	2,8 - 2,9	38,4	46,0	15,0	Franco	1,229

TABELA 7.2.2.1. Relação das Amostras de Água Subterrânea e Medições dos Parâmetros *In-Situ*

Poço	Nº da Amostra	Parâmetros							
		Coloração Aparente	Turbidez (NTU)	pH	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Potencial Redox (mV)	Eh (V)	OD (mg/L)
PM-01	18-PM-AS	Beje Claro	334	5,56	422	16,52	-51,2	0,1478	0,39
PM-02	10-PM-AS	Beje Claro	82	5,86	617	19,91	40	0,239	1,42
PM-06	09-PM-AS	Incolor	2,77	5,15	306	22,49	-66	0,133	0,37
PM-07	08-PM-AS	Cinza Claro	708	5,04	167	23,61	-125,9	0,0731	0,47
PM-08	07-PM-AS	Marrom Claro	887	4,36	302	21,13	-648	-0,449	0,8
PM-09	06-PM-AS	Incolor	24,09	4,57	351	22,38	-115,2	0,0838	0,44
PM-11	21-PM-AS	Incolor	40,33	6,28	92	20,64	-77	0,122	0,1
PM-12	05-PM-AS	Incolor	43,12	4,18	72	23,25	-121	0,078	0,36
PM-234	01-PM-AS	Cinza Claro	250	5,23	220	17,17	-164,61	0,03439	1,8
PM-235	02-PM-AS	Beje Claro	513	5,49	192	21,44	-133	0,066	0,65
PM-236	19-PM-AS	Beje Claro	305	4,97	351	23,43	86,1	0,2851	1,29
PM-237	04-PM-AS	Incolor	7,36	3,64	412	19,77	-74	0,125	0,26
PM-238	03-PM-AS	Beje Claro	744	4,15	203	18,81	-80,5	0,1185	0,65
PM-239A	16-PM-AS	Incolor	18,23	3,51	1061	21,93	-140	0,059	1,41
PM-240	13-PM-AS	Incolor	55	5,92	293	18,25	-18,8	0,1802	0,4
PM-241	14-PM-AS	Incolor	12,39	5,67	354	20,13	-62,9	0,1361	0,4
Réplica PM-241	15-PM-AS	-	-	-	-	-	-	-	-
PM-242	12-PM-AS	Incolor	25,85	5,14	295	21,63	25,7	0,2247	0,89
PM-243	17-PM-AS	Beje Claro	428	3,99	3217	21,64	126,6	0,3256	1,38
PM-244	20-PM-AS	Cinza Claro	242	5,73	998	19,71	-18,5	0,1805	1,19
Branco de Campo	11-PM-AS	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) Medição não realizada
 PM-03 e PM-05 encontraram-se obstruídos
 PM-239 não foi amostrado por apresentar-se seco neste período

TABELA 7.2.2.2. Resultados Analíticos de TPH nas Águas Subterrâneas

PARAMETROS	Poco		PM-1	PM-02	PM-06	PM-07	PM-08	PM-09	PM-11	PM-12	PM-234	PM-235	PM-236	PM-237	PM-238	PM-239-A	PM-240	PM-241	PM-242	PM-243	PM-244	Branco de Campo	Valores de Referência		
	Identificação da Amostra	Prof. Poco (m)	18-PM-AS	10-PM-AS	09-PM-AS	08-PM-AS	07-PM-AS	06-PM-AS	21-PM-AS	05-PM-AS	01-PM-AS	02-PM-AS	19-PM-AS	04-PM-AS	03-PM-AS	16-PM-AS	13-PM-AS	14-PM-AS	15-PM-AS (Rápida)	12-PM-AS	17-PM-AS	20-PM-AS	11-PM-AS		
TPH	Unidade	LD	LQ																						
TPH GRO (C6-C10)	$\mu\text{g/L}$	0,1	1,0					66,0							6030,0	13091,0								-	
TPH DRO + ORO (C10-C32)	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												777,0	886,0								-	
TPH ORO (C21-C32)	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0																					-	
Somatória TPHs	$\mu\text{g/L}$	0,1	1,0					66,0							6807,0	13977,0								600 m	
TPH Aritêmicos																									
>C6-C8	$\mu\text{g/L}$	0,1	1,0						38,0						2041,0	5484,0								-	
>C8-C10	$\mu\text{g/L}$	0,1	1,0							11,0					981,0	1675,0								36,0	
C10-C12	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0													52,0	57,0								-
C12-C16	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												79,0	94,0									-
C16-C21	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												68,0	96,0									-
C21-C32	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0																						-
TPH Aromáticos																									
C8-C10	$\mu\text{g/L}$	0,1	1,0												178,0	729,0									-
C10-C12	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												345,0	95,0									-
C12-C16	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												94,0	373,0									-
C16-C21	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												50,0	94,0									-
C21-C32	$\mu\text{g/L}$	3,0	5,0												90,0	78,0									-

LD = Limite de Detecção do método analítico

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

Os campos em branco, significam concentrações abaixo do Limite de Detecção do método analítico

(3) = CETESB Diretriva nº010/2006-C

(+) Valor não referenciado

Concentração Acima do valor de Referência

TABELA 7.2.2.3. Resultados Analíticos de SVOC nas Águas Subterrâneas

LO = Limite de Quantificação do método analítico

L.D = Limite de Detecção do método analítico

LD = Limite de Detecção do método

(1) = CETESB - Valor de Intervenção Industrial - 2005

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

(2) - Ata da Reunião - Maio de 2018

(3) = Lista Holandesa - Outubro 2008

(-) Valor não referenciado

 Concentração Acima do Valor de Referência

TABELA 7.2.2.4. Resultados Analíticos de VOC nas Águas Subterrâneas

PARÂMETROS	Poço		PM-1	PM-02	PM-06	PM-07	PM-08	PM-09	PM-11	PM-12	PM-234	PM-235	PM-236	PM-237	PM-238	PM-239-A	PM-240	PM-241	Réplica PM-241	PM-242	PM-243	PM-244	Branco de Campo	Valores de Referência		
	Identificação da Amostra		18-PM-AS	10-PM-AS	09-PM-AS	08-PM-AS	07-PM-AS	06-PM-AS	21-PM-AS	05-PM-AS	01-PM-AS	02-PM-AS	19-PM-AS	04-PM-AS	03-PM-AS	16-PM-AS	13-PM-AS	14-PM-AS	15-PM-AS	12-PM-AS	17-PM-AS	20-PM-AS	11-PM-AS			
	VOC	UNIDADE	LD	LQ																						
Diclorodifluorometano	µg/L	0,1	1,0																							
Clorometano	µg/L	0,1	1,0																							390 (2)
Cloreto de vinila	µg/L	0,1	1,0																							190 (2)
Bromometano	µg/L	0,1	1,0																							5 (1)
Clorocetano	µg/L	0,1	1,0																							8,7 (2)
Triclorofluormetano	µg/L	0,1	1,0																							-
1,1-Dicloroeteno	µg/L	0,1	1,0																							1300 (2)
Diclorometano	µg/L	0,1	1,0																							30 (1)
Trans-1,2-Dicloroeteno	µg/L	0,1	1,0																							20 (1)
1,1-Dicloroetano	µg/L	0,1	1,0																							50 (1)
Cis-1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	1,0																							280 (1)
Clorofórmio	µg/L	0,1	1,0																							50 (1)
1,2-Dicloroetano	µg/L	0,1	1,0																							3,49
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	0,1	1,0																							200 (1)
1,1-Dicloropropeno	µg/L	0,1	1,0																							10 (1)
Tetracloreto de carbono	µg/L	0,1	1,0																							280 (1)
Benzeno	µg/L	0,1	1,0																							2 (1)
Dibromometano	µg/L	0,1	1,0																							1,54
1,2-Dicloropropano	µg/L	0,1	1,0																							8,2 (2)
Tricloroeteno	µg/L	0,1	1,0																							0,390 (2)
Bromodíclorometano	µg/L	0,1	1,0																							70 (1)
Cis-1,3-Dicloropropeno	µg/L	0,1	1,0																							0,120 (2)
4-Metil-2-Pantanona	µg/L	0,1	1,0																							0,430 (2)
Trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	0,1	1,0																							2000 (2)
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	0,1	1,0																							0,240 (2)
Tolueno	µg/L	0,1	1,0																							700 (1)
1,3-Dicloropropano	µg/L	0,1	1,0																							730 (2)
Dibromoclormetano	µg/L	0,1	1,0																							0,150 (2)
2-Hexanona	µg/L	0,1	1,0																							47 (2)
1,2-Dibromoetano	µg/L	0,1	1,0																							0,0065 (2)
Tetracloroetano	µg/L	0,1	1,0																							40 (1)
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	0,1	1,0																							0,520 (2)
Clorobenzeno	µg/L	0,1	1,0																							700 (1)
Etilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							300 (1)
Bromofórmio	µg/L	0,1	1,0																							8,5 (2)
m,p-Xilenos	µg/L	0,1	1,0																							-
o-Xileno	µg/L	0,1	1,0																							-
Somatória de Xilenos	µg/L	0,1	1,0																							500 (1)
Estireno	µg/L	0,1	1,0																							20 (1)
Trans-1,4-Dicloro-2-Buteno	µg/L	0,1	1,0																							0,0012 (2)
Cis-1,4-Dicloro-2-Buteno	µg/L	0,1	1,0																							0,0012 (2)
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	0,1	1,0																							0,067 (2)
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	0,1	1,0																							0,00072 (2)
Isopropilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							680 (2)
Bromobenzeno	µg/L	0,1	1,0																							88 (2)
n-Propilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							-
2-Clorotolueno	µg/L	0,1	1,0																							730 (2)
4-Clorotolueno (PCT)	µg/L	0,1	1,0																							2600 (2)
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							370 (2)
Terc-Butilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							-
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							15 (1)
Sec-Butilbenzeno	µg/L	0,1	1,0																							-
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	1,0																							300 (1)
1,4-Diclorobenzeno	µg/L	0,1	1,0																							-
p-Isopropiltolueno	µg/L</																									

LQ = Limite de Quantificação do método analítico

(1) = CETESB - Valor de Intervenção Industrial - 2005

(-) Valor não referenciado

LD = Limite de Detecção do método analítico

(2) = EPA ORNL - Maio de 2010

Concentração Acima do Valor de Referência

Os campos em branco significam, abaixo do Limite de Detecção do método analítico

TABELA 7.2.2.5. Resultados Analíticos de Metais nas Águas Subterrâneas

PARÂMETROS	Poço		PM-1	PM-02	PM-06	PM-07	PM-08	PM-09	PM-11	PM-12	PM-234	PM-235	PM-236	PM-237	PM-238	PM-239-A	PM-240	PM-241	Réplica PM-241	PM-242	PM-243	PM-244	Branco de Campo	Valores de Referência	
	Identificação da amostra		18-PM-AS	10-PM-AS	09-PM-AS	08-PM-AS	07-PM-AS	06-PM-AS	21-PM-AS	05-PM-AS	01-PM-AS	02-PM-AS	19-PM-AS	04-PM-AS	03-PM-AS	16-PM-AS	13-PM-AS	14-PM-AS	15-PM-AS	12-PM-AS	17-PM-AS	20-PM-AS	11-PM-AS		
	Prof. Poço (m)		6,00	3,70	7,00	7,70	6,15	8,00	5,20	6,60	5,00	5,47	7,60	5,15	6,00	8,20	5,30	14,56	14,56	9,81	23,00	19,90	-		
Antimônio	µg/L	5,0	2,0																					-	
Antimônio Dissolvido	µg/L	5,0	2,0																					5 ⁽¹⁾	
Arsênio	µg/L	5,0	2,0	24,0		13,0	7,0	22,0		17,0	9,0		12,0						11,0	12,0				-	
Arsênio Dissolvido	µg/L	5,0	2,0	14,0															12,0	12,0				10 ⁽¹⁾	
Bárho	µg/L	10,0	2,0	188,0	158,0	246,0	92,0	74,0	54,0	104,0	44,0	130,0	261,0	399,0	50,0	213,0	38,0	554,0	406,0	408,0	236,0	73,0	160,0	-	
Bárho Dissolvido	µg/L	10,0	2,0	174,0	156,0	212,0	57,0	67,0	52,0	99,0	44,0	122,0	133,0	233,0	49,0	168,0	37,0	511,0	349,0	391,0	227,0	63,0	97,0	700 ⁽¹⁾	
Berilio	µg/L	10,0	2,0															21,0					104,0	-	
Berilio Dissolvido	µg/L	10,0	2,0															19,0					76,0	73 ⁽²⁾	
Boro	µg/L	10,0	5,0	57,0	148,0	85,0	95,0	93,0	187,0	83,0	61,0	153,0	60,0	169,0	68,0	66,0	94,0	75,0	340,0	114,0	646,0	157,0	67,0	190,0	-
Boro Dissolvido	µg/L	10,0	5,0	12,0	70,0	15,0	58,0	13,0	13,0	31,0	12,0	95,0	33,0	86,0	35,0	14,0	88,0				62,0	52,0		500 ⁽¹⁾	
Cádmio	µg/L	1,0	0,3		7,0																		19,7	2,8	-
Cádmio Dissolvido	µg/L	1,0	0,3		6,0																		13,7	2,1	5 ⁽¹⁾
Chumbo	µg/L	10,0	2,0	24,0	15,0	10,0	70,0	101,0	10,0	27,0			43,0	54,0		18,0		15,0					65,0	34,0	-
Chumbo Dissolvido	µg/L	10,0	2,0					52,0															58,0		10 ⁽¹⁾
Cobre	µg/L	5,0	1,0		7,0		14,0	8,0		12,0		7,0	7,0	158,0			6,0						85,0	39,0	-
Cobre Dissolvido	µg/L	5,0	1,0					6,0						16,0									42,0		2000 ⁽¹⁾
Cromo III	µg/L	10,0	5,0										15,0	20,0									22,0	36,0	-
Cromo III Dissolvido	µg/L	10,0	5,0																					55000 ⁽²⁾	
Cromo Total	µg/L	10,0	5,0										15,0	20,0									22,0	36,0	-
Cromo Total Dissolvido	µg/L	10,0	5,0																					50 ⁽¹⁾	
Cromo VI	µg/L	50,0	10,0																					0,043 ⁽²⁾	
Ferro Total	µg/L	50,0	10,0	71.800,0	1.820,0	43.115,0	9.356,0	3.917,0	11.536,0	21.096,0	5.252,0	9.605,0	9.381,0	9.290,0	46.731,0	20.374,0	95.449,0	26.609,0	21.687,0	21.615,0	17.827,0	212.438,0	99.881,0	-	
Ferro Total Dissolvido	µg/L	50,0	10,0	63.484,0	556,0	34.987,0	9.192,0	3.098,0	11.067,0	18.440,0	4.553,0	7.239,0	7.533,0	6.265,0	39.269,0	19.002,0	87.002,0	25.433,0	18.609,0	21.123,0	16.960,0	159.972,0	86.146,0	300 ⁽¹⁾	
Manganês	µg/L	10,0	5,0	680,0	237,0	1.246,0	183,0	211,0	719,0	390,0	117,0	885,0	1.597,0	5.033,0	3.375,0	524,0	3.171,0	4.650,0	1.088,0	1.081,0	544,0	15.150,0	3.784,0	-	
Manganês Dissolvido	µg/L	10,0	5,0	600,0	234,0	1.001,0	181,0	197,0	693,0	361,0	96,0	759,0	1.401,0	2.989,0	2.158,0	516,0	2.813,0	4.186,0	910,0	1.048,0	530,0	10.065,0	2.726,0	400 ⁽¹⁾	
Mercúrio	µg/L	1,0	0,2																					-	
Mercúrio Dissolvido	µg/L	1,0	0,2																					1,0 ⁽¹⁾	
Níquel	µg/L	10,0	5,0									23,0	13,0	11,0	20,0	39,0	37,0		11,0	12,0			337,0	59,0	-
Níquel Dissolvido	µg/L	10,0	5,0									19,0			20,0	18,0	36,0						222,0	45,0	20 ⁽¹⁾
Prata	µg/L	10,0	5,0																					-	
Prata Dissolvida	µg/L	10,0	5,0																					50 ⁽¹⁾	
Selênio	µg/L	5,0	1,0																					-	
Selênio Dissolvido	µg/L	5,0	1,0																					10 ⁽¹⁾	
Vanádio	µg/L	10,0	2,0			24,0		11,0	15,0		10,0	83,0	29,0	15,0	35,0	19,0						20,0	40,0	-	
Vanádio Dissolvido	µg/L	10,0	2,0			11,0		11,0				11,0		13,0		18,0								2,6 ⁽²⁾	

