
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

MARCELO CONTI DAL PIZZOL

**INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO E ÁGUA
SUBTERRÂNEA POR HIDROCARBONETOS EM ÁREA
LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE, RS.**

Porto Alegre

Dezembro 2014

MARCELO CONTI DAL PIZZOL

**INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA POR
HIDROCARBONETOS EM ÁREA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE PORTO
ALEGRE, RS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO
APRESENTADO AO CURSO DE ENGENHARIA
AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO
DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Orientador: Pedro Antonio Roehe Reginato

Porto Alegre

Dezembro 2014

MARCELO CONTI DAL PIZZOL

INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA POR
HIDROCARBONETOS EM ÁREA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE PORTO
ALEGRE, RS.

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em 11/12/2014 pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

.....
Professor Dr. Pedro Antonio Roehe Reginato – DHH/IPH - UFRGS

.....
Professor Msc. Marcos Imério Leão – DHH/IPH - UFRGS

.....
Geólogo Fernando Zorzi – Terrágua Geologia e Meio Ambiente

Conceito:.....

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Márcia e Paulo Ricardo, pelo caráter, dedicação, fé e amor.

Agradeço à minha namorada, Nátali Cristina, pelo afeto e companheirismo.

Agradeço à minha avó, Celita, e às minhas tias, Adriana e Ivete, pelo carinho e incentivo.

Agradeço ao mestre e amigo, professor Pedro, pelo apoio na elaboração deste trabalho, e pelos exemplos de paciência, compreensão e respeito.

Agradeço ao Fernando Zorzi, pela amizade, confiança, pela oportunidade de aprendizado cotidiano e pelo exemplo de profissionalismo.

Agradeço aos amigos descobertos e cultivados durante o período de graduação, pelo ócio criativo.

RESUMO

Dal Pizzol, Marcelo Conti; **Investigação da Contaminação de Solo e Água Subterrânea por Hidrocarbonetos em área localizada no município de Porto Alegre, RS.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

A contaminação de solos e águas subterrâneas por hidrocarbonetos é uma situação de ocorrência freqüente no Brasil. Uma de suas causas é a má conservação de equipamentos de armazenamento e distribuição de combustíveis. Este trabalho engloba as diretrizes gerais para investigação de áreas contaminadas, regulamentada pela Resolução CONAMA nº420/2009, e apresenta as metodologias definidas pela Norma ABNT NBR 15515, aplicando-as na investigação de uma área que no passado foi utilizada como posto de combustíveis e encontra-se contaminada por hidrocarbonetos. Para investigação da área, foram realizadas as etapas de Avaliação Ambiental Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada. Foram utilizadas técnicas tradicionais de investigação, com realização de sondagens, instalação de poços de monitoramento, coleta de amostras de solo e água subterrânea, que permitiram investigar características hidrogeológicas da área e dos contaminantes existentes, e, assim, definir a massa de passivos ambientais existentes na área. Os resultados obtidos indicaram a existência de uma pluma de fase dissolvida de TPH (hidrocarbonetos totais de petróleo) com tamanho na ordem de 550m² e velocidade de migração de 8,00m/ano. A sua fonte está localizada nas áreas de troca de óleo, ilha de bombas e armazenamento de combustíveis do antigo posto que operava na área. Em uma sondagem nas proximidades destas áreas também foi verificada a existência de fases residual e adsorvida. Os resultados obtidos indicam a necessidade de realização de ações de intervenção, remediação e monitoramento da área.

Palavras-chave: Investigação de áreas contaminadas, contaminação por hidrocarbonetos, água subterrânea.

ABSTRACT

Dal Pizzol, Marcelo Conti; **Investigação da Contaminação de Solo e Água Subterrânea por Hidrocarbonetos em área localizada no município de Porto Alegre, RS.** 2014. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas/Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Contamination of soil and groundwater by oil is a common situation in Brazil. One of its causes is the poor maintenance of storage equipment and fuel distribution. This work includes general guidelines for investigation of contaminated areas, regulated by CONAMA Resolution nº420/2009, and presents the methodologies defined by ABNT NBR 15515, applying them in the investigation of an area which was once used as a gas station and is contaminated by hydrocarbons. For the area of research, the steps of Preliminary Environmental Assessment, Confirmatory Research and Detailed Look were performed. Traditional investigative techniques were used, with conducting surveys, installation of monitoring wells, collecting of soil and groundwater samples, which allowed investigate hydrogeological characteristics of the area and of existing contaminants, and define the mass of existing environmental liabilities in area. The results indicated the existence of a dissolved phase plume TPH (total petroleum hydrocarbons) with size in the range of 550m² and migration speed of 8,00m / year. Its source is located in the areas of oil change, island of pumps and storage of fuels in the former gas station that operated in the area. In a survey in the vicinity of these areas was also checked for residual and adsorbed phases. The results indicate the need to conduct intervention actions, remediation and monitoring of the area.

Keywords: Investigation of contaminated areas, hydrocarbon contamination, groundwater.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos Gerais	9
1.2. Objetivos Específicos.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. Contaminação de solo e água subterrânea por hidrocarbonetos	11
2.2. Gerenciamento de áreas contaminadas segundo a Resolução CONAMA nº420/2009.....	13
2.3. Investigação de passivos ambientais segundo a Norma ABNT NBR 15515.....	16
2.3.1. Avaliação Preliminar - Norma ABNT NBR 15515 – Parte 1.....	16
2.3.2. Investigação Confirmatória - Norma ABNT NBR 15515 – Parte 2.....	17
2.3.3. Investigação Detalhada - Norma ABNT NBR 15515 – Parte 3	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1. Avaliação Preliminar	19
3.2. Investigações Confirmatória e Detalhada	19
3.2.1. Sondagens de reconhecimento.....	19
3.2.2. Amostragem de solo	20
3.2.3. Instalação de poços de monitoramento.....	20
3.2.4. Amostragem de água subterrânea.....	21
3.2.5. Levantamento topográfico e Mapa Potenciométrico	21
3.2.6. Ensaios hidráulicos e velocidade de fluxo de água subterrânea	22
3.2.7. Geologia e Hidrogeologia.....	23
3.2.8. Resultados Analíticos	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
4.1. Avaliação Preliminar	24
4.1.1. Localização da área de estudo e áreas de entorno	24
4.1.2. Histórico de utilização e descrição da área de estudo.....	24
4.1.3. Identificação de potenciais passivos ambientais.....	24
4.2. Investigações Confirmatória e Detalhada	27

4.2.1. Sondagens de reconhecimento.....	27
4.2.2. Amostragem de solo	28
4.2.3. Instalação de poços de monitoramento.....	28
4.2.4. Amostragem de água subterrânea.....	30
4.2.5. Levantamento topográfico e Mapa Potenciométrico.....	30
4.2.6. Ensaios hidráulicos e velocidade de fluxo de água subterrânea	33
4.2.7. Geologia e Hidrogeologia.....	33
4.2.8. Resultados Analíticos	35
5. CONCLUSÕES.....	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, áreas contaminadas por hidrocarbonetos são fatos frequentes. Com o aumento da frota automotiva nacional, o mercado de combustíveis fósseis é impulsionado, e, com ele, a potencialidade de crescimento de geração de passivos ambientais em solo e águas subterrâneas. Os derivados de petróleo podem causar diversos danos à saúde humana e ao meio ambiente. Casos que vão desde problemas respiratórios leves até casos crônicos diversos podem ser provenientes de intoxicações com hidrocarbonetos. No meio ambiente, podem ocasionar contaminação de solo, águas subterrâneas, águas superficiais, e mortandades de fauna e de flora.

As diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil são definidas pela Resolução nº 420/2009. Ela define os procedimentos para identificação, diagnóstico, intervenção e monitoramento de áreas contaminadas. Para cada uma destas etapas definidas, são utilizadas diversas técnicas, capazes de gerar informações a respeito de características hidrogeológicas da área contaminada e dos contaminantes, a fim de embasar as próximas etapas. A definição de quais métodos técnicos devem ser adotados, para cada etapa, depende de fatores que vão desde características do local atual, incluindo seu uso futuro, até questões sociais e financeiras.

Este trabalho apresenta as diretrizes definidas pela Resolução CONAMA nº420/2009 e aplica as metodologias e técnicas definidas na Norma ABNT NBR 15515, nas fases de identificação e diagnóstico em uma área suspeita de apresentar problemas de contaminação por hidrocarbonetos. A área de estudo está localizada no município de Porto Alegre, RS.

1.1. Objetivos Gerais

O objetivo geral do trabalho é apresentar as diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas, definidas pela Resolução CONAMA nº420/2009, e técnicas e procedimentos de investigação de áreas contaminadas, definidas pela Norma ABNT NBR 15515, em uma área suspeita de contaminação por hidrocarbonetos, localizada no município de Porto Alegre, RS.

1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

a) a apresentação da diretriz de gerenciamento de áreas contaminadas segundo a legislação atualmente praticada no Brasil, definida pela Resolução CONAMA 420/2009;

b) a apresentação das metodologias de investigação de áreas contaminadas, segundo a Norma ABNT NBR 15155 – Partes 1, 2 e 3, que permitam definir e fundamentar as técnicas necessárias para desenvolver as etapas estabelecidas pela CONAMA 420/2009;

c) a apresentação das diretrizes de gerenciamento e dos métodos e técnicas de investigação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos em uma área localizada no município de Porto Alegre, RS.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contaminação de solo e água subterrânea por hidrocarbonetos

A ABNT NBR 15515 define passivo ambiental como sendo os danos infligidos ao meio natural por uma determinada atividade ou pelo conjunto das ações humanas, que podem ou não ser avaliados economicamente.

O passivo ambiental representa o sacrifício de benefícios econômicos que serão realizados para a preservação, recuperação e proteção do meio ambiente, de forma a permitir a compatibilidade entre o desenvolvimento econômico e o meio ecológico ou em decorrência de conduta inadequada em relação às questões ambientais (RIBEIRO, 2000).

A Resolução CONAMA nº273, de 2000, define todas instalações de armazenamento de combustíveis como equipamentos com potencial poluidor e, portanto, necessitam de atenção do órgão ambiental através de suas ferramentas para instalação, manutenção e ampliação/modificação.

O sistema de armazenamento de combustíveis constitui-se de tanques de armazenamento, tubulações, filtros e bombas de distribuição de combustíveis. Os principais produtos comercializados no Brasil são gasolina, óleo diesel e álcool. A gasolina possui uma fração de hidrocarbonetos alifáticos, como o butano (C4), o pentano (C5) e o octano (C8), e aromáticos, como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos. O óleo diesel é constituído por hidrocarbonetos (na faixa de C10 a C40). O álcool é produzido a partir de biomassa de fontes renováveis. No Brasil, é utilizado como aditivo à gasolina em proporções na faixa de 25%, por força de lei. (NETO *et al.*, 2005).

Os combustíveis são tóxicos ao meio ambiente e à saúde humana. Os vazamentos ocorrem em contaminações superficiais provocados por constantes e sucessivos derrames junto às bombas e em contaminações subterrâneas pelo vazamento de tanques ou tubulações. Em um derramamento de gasolina, umas das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que sejam utilizados como fonte de abastecimento para consumo humano (CRUZ, 2006). Os tanques enterrados estão sujeitos à corrosão, influenciada pelo pH, umidade e salinidade do solo (NETTO *et al.*, 2005).

Para evitar os vazamentos de tanques, recomenda-se a utilização de tanques de parede dupla, ou mesmo tripla, com a adoção de drenos testemunho, que permitam verificar quando do vazamento do tanque em suas proximidades. Isto possibilita a detecção do problema em uma fase inicial, e permite medidas de contenção mais ágeis e eficientes. No caso dos vazamentos superficiais, a impermeabilidade do piso e a presença de calhas coletoras ao

longo das ilhas de bombas, que conduzam a drenagem superficial a uma CSAO (caixa separadora de água e óleo), são suficientes para impedir o contato de eventuais derramamentos de combustível diretamente no solo.

Em caso de acidentes ou vazamentos que representem situações de perigo ao meio ambiente ou a pessoas, bem como na ocorrência de passivos ambientais, os proprietários, arrendatários ou responsáveis pelo estabelecimento, pelos equipamentos, pelos sistemas e os fornecedores de combustível que abastecem ou abasteceram a unidade, responderão solidariamente, pela adoção de medidas para controle da situação emergencial, e para o saneamento das áreas impactadas, de acordo com as exigências formuladas pelo órgão ambiental licenciador (CONAMA, 2000).

O solo é definido como material mineral não consolidado que se estende desde a superfície até o embasamento de rocha. O solo consiste em ar ou vapor, água e uma variedade de sólidos do solo, e é dividido em duas zonas da sub-superfície: a zona não-saturada e a zona saturada. A zona não-saturada se estende desde a superfície do chão até o topo da franja capilar e contém vapor do solo e uma quantidade menor de água do solo. A zona saturada se estende desde o topo da franja capilar até o fundo do lençol freático. Nela, os espaços vazios entre os sólidos do solo estão totalmente preenchidos por líquidos, e a água que se encontra nesta zona é chamada de água subterrânea. A franja capilar é a porção superior da zona saturada onde a água subterrânea se encontra, acima da superfície do lençol freático, devido às forças capilares (FERNANDES, 1997).

Os combustíveis são caracterizados como LNAPL (*Light Non Aqueous Phase Liquids*), e possuem densidade inferior à da água. Em um vazamento, o contaminante inicia sua infiltração no solo e, ao chegar à fase de franja capilar, começa a dissolver-se na água subterrânea. Mesmo depois de eliminada a fonte de contaminação, pode restar na área a presença de solo contaminado, produto na zona capilar (fase livre) e contaminação dissolvida em água subterrânea. O combustível quando derramado em subsuperfície tende a migrar verticalmente, sob influência das forças gravitacionais e capilares, infiltrando-se na zona não saturada até atingir a zona saturada. Os compostos dos hidrocarbonetos de petróleo podem se particionar em cinco fases em subsuperfície (EPA, 1996):

- Vapor: acumulada nos interstícios do solo;
- Adsorvida: produto presente na superfície das partículas sólidas;
- Residual: produto em fase separada que não apresenta mobilidade no meio poroso;
- Fase livre: produto em fase separada com mobilidade no meio poroso;
- Dissolvida: dissolvido na água subterrânea.

A Figura 01 apresenta as fases presentes em um vazamento de tanque subterrâneo.

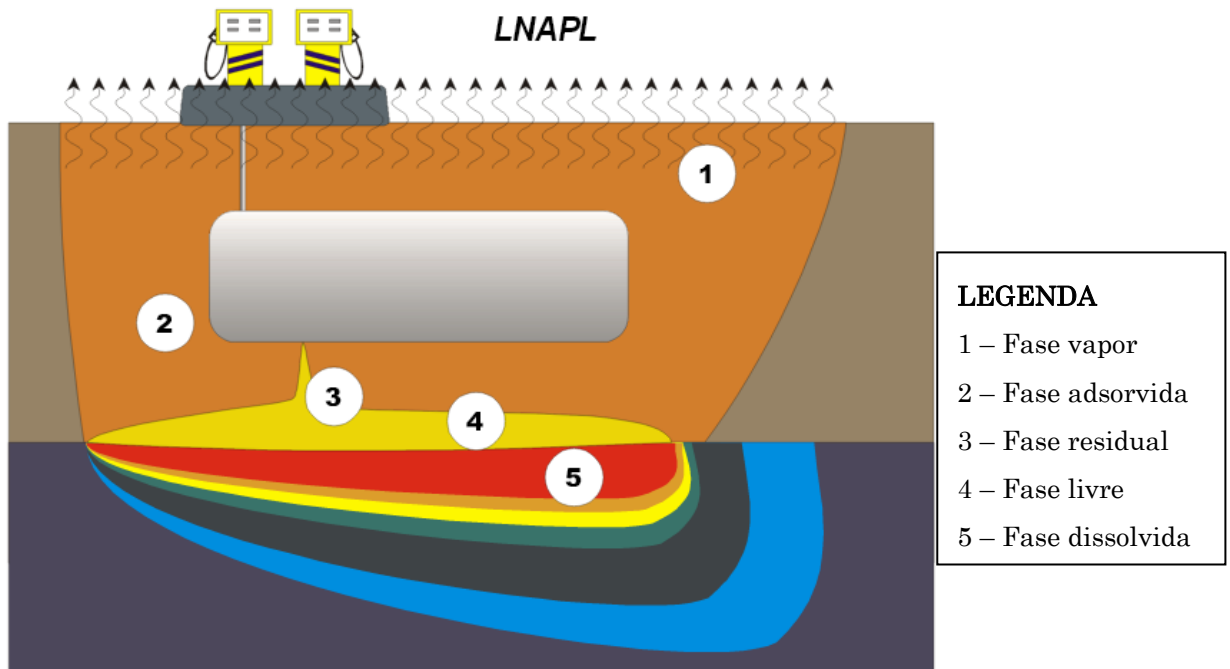


Figura 01: Fases presentes em um vazamento de tanque subterrâneo.

Fonte: OLIVEIRA, 2009.

2.2. Gerenciamento de áreas contaminadas segundo a Resolução CONAMA nº420/2009

No Brasil, o gerenciamento de áreas contaminadas é regulamentado pela Resolução CONAMA nº420, de 2009.

Segundo a Resolução, os órgãos ambientais devem instituir metodologias para gerenciamento de áreas contaminadas que possibilitem contemplar as etapas de identificação, diagnóstico e intervenção de áreas contaminadas. A etapa de identificação visa verificar áreas com suspeita de contaminação, através da realização de Avaliações Preliminares e Investigações Confirmatórias. A etapa de diagnóstico objetiva determinar características da contaminação e da área contaminada, que subsidiem a tomada de decisões na etapa de intervenção, através da realização de Investigação Detalhada e Análise de Risco. Por fim, a etapa de intervenção, que determina, com base nas informações das etapas anteriores, as formas de eliminar ou reduzir os riscos provenientes da contaminação da área.

A definição de área contaminada é realizada através de análises químicas dos parâmetros de interesse nos meios físicos considerados existentes no local, e comparação de suas concentrações com as referências apresentadas pela Resolução. Para solo, a norma define 3 (três) valores de referência: VRQ (valor de referência de qualidade), VP (valor de prevenção) e VI (valor de investigação). O VRQ delimita os valores de ocorrência natural de

substâncias no solo, o VP, os valores limites para que o solo possa sustentar suas funções principais e o VI, valores que, acima destes, existem riscos potenciais à saúde humana e ao meio ambiente. Para água subterrânea, são apresentados apenas os VI. No Rio Grande do Sul, os VRQ de solo são definidos pela Portaria FEPAM nº85/2014.

A Figura 02 apresenta o fluxograma das etapas de gerenciamento de áreas contaminadas, definido pela Resolução.

2.3. Investigação de passivos ambientais segundo a Norma ABNT NBR 15515

A ABNT NBR 15515: “Passivo Ambiental em solo e água subterrânea” objetiva a avaliação de passivos ambientais e normatiza, em suas partes 1, 2 e 3, respectivamente, as formas de realização de Avaliação Preliminar, Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada. O avanço das etapas é definido de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 03.

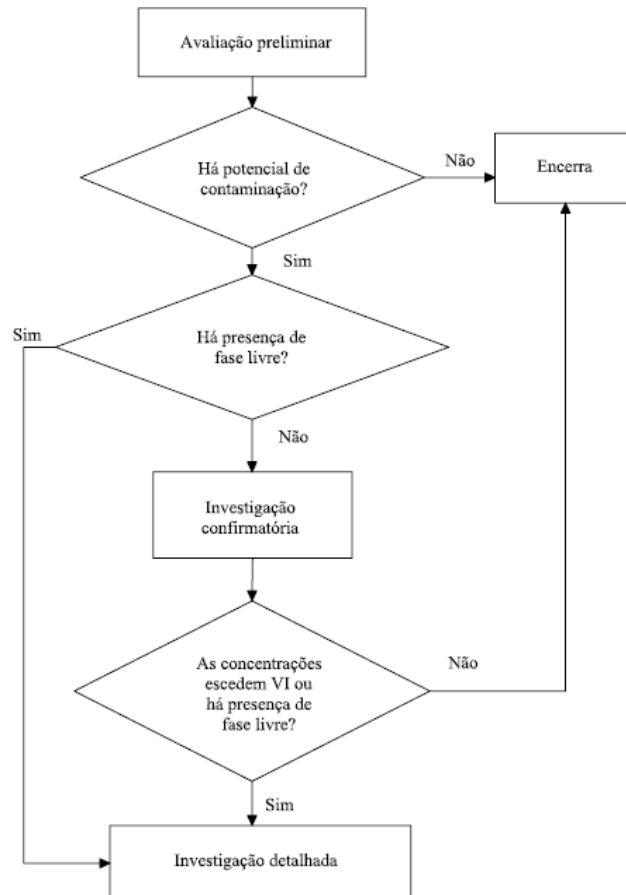


Figura 03: Fluxograma das etapas de avaliação de passivo ambiental.

Fonte: ABNT (2011).

2.3.1. Avaliação Preliminar - Norma ABNT NBR 15515 – Parte 1

A Avaliação Ambiental Preliminar objetiva a obtenção de informações históricas, complementando-se com vistoria técnica, para levantar informações a respeito dos usos e ocupações pretéritos e atuais da área avaliada, e possibilitar a avaliação qualitativa a respeito da presença ou não de potenciais passivos ambientais.

A coleta de dados existentes é essencial para verificar o histórico de uso e ocupação do local, e desta forma, identificar atividades que possuem potencialidade de geração de passivos

ambientais. Caso existam informações sobre o meio físico, as mesmas serão úteis para entender a mobilidade do contaminante (de acordo com a variação de condutividade hidráulica dos diversos tipos de solo) e o seu comportamento no aquífero (de acordo com profundidade do nível d'água, direção de fluxo, etc.) e, assim, melhor definir as áreas que merecem atenção nas próximas etapas.

A inspeção de reconhecimento na área visa realizar entrevistas com pessoas que conheçam o histórico da área avaliada e, talvez, possuam informações complementares aos dados existentes, que auxiliem a identificar eventuais passivos ambientais existentes na área. A vistoria também possibilita ao profissional verificar o local, suas instalações atuais e eventuais presenças de contaminação. As áreas de entorno, dependendo de seus usos, também podem configurar potenciais passivos ambientais na área, por isso, são também consideradas nesta etapa.

Ao final, o produto é um relatório técnico contendo as informações levantadas e a apresentação de locais com potenciais passivos ambientais observados, sejam internos ou externos, bem como a geração de um modelo conceitual, que defina informações hidrogeológicas locais esperadas, que, por sua vez, darão suporte às etapas de investigação subseqüentes. As informações geradas embasarão as decisões futuras a serem tomadas para a área. No caso, de liberação da área para uso pretendido ou de necessidade de elaboração de uma Investigação Confirmatória ou Detalhada, a fim de confirmar ou detalhar a contaminação da área.

2.3.2. Investigação Confirmatória - Norma ABNT NBR 15515 – Parte 2

Uma vez identificados os passivos ambientais na fase de Avaliação Confirmatória, e não ocorrendo a identificação de presença de fase livre no local (fato que conduziria diretamente à Investigação Detalhada), inicia-se a realização de uma Investigação Confirmatória. Esta etapa objetiva confirmar, ou não, a presença de contaminação no solo e água subterrânea da área.

Para a realização de tais atividades, a Norma mune-se de referências normativas complementares, que seguem listadas abaixo:

- ABNT NBR 15492: Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental;
- ABNT NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulosos – Parte 1: Projeto e construção;

- ABNT NBR 15495-2: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 2: Desenvolvimento;
- ABNT NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga.

A caracterização inicia-se pela realização de sondagens e instalação de poços de monitoramento nas proximidades dos locais onde foram verificados potenciais passivos ambientais na etapa de Avaliação Preliminar. A quantidade de pontos em cada local é definida de acordo com as características do terreno e dos contaminantes provavelmente existentes.

A partir das sondagens e poços, é realizada a amostragem de solo e águas subterrâneas, a fim de verificar se estes meios possuem alterações de qualidade ambiental. O escopo analítico deve ser definido de acordo com as características do potencial passivo existente na área, e a comprovação de alteração de qualidade ambiental se dará através da comparação dos resultados analíticos obtidos com os padrões de referência definidos pelo CONAMA 420/2009. Uma vez encontradas concentrações acima dos valores orientadores, é necessário a condução de uma Investigação Detalhada no local.

2.3.3. Investigação Detalhada - Norma ABNT NBR 15515 – Parte 3

A Investigação Detalhada tem por objetivo detalhar as características hidrogeológicas e caracterizar a contaminação existente na área, com base nas etapas anteriores, visando compreender o comportamento do passivo ambiental existente e gerar informações quantitativas da contaminação existente.

Nesta etapa, os procedimentos realizados são semelhantes ao das etapas anteriores, porém visam abranger um nível mais profundo de compreensão da contaminação da área. São realizadas caracterizações geológica e hidrogeológica na área, bem como um detalhamento da contaminação verificada. Para tanto, são necessárias a realização de sondagens complementares, instalação de poços de monitoramento complementares, novas amostragens, realização de ensaios hidráulicos, verificação de velocidade e direção de fluxo de água subterrânea, entre outros, visando gerar um mapeamento das plumas de contaminação existentes e seu comportamento. Nesta etapa também são geradas informações importantes para a etapa de Avaliação de Risco.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização das etapas definidas pela CONAMA nº 420/2009, aplicando-se na área de estudo, foram utilizadas as metodologias preconizadas pela ABNT NBR 15515, partes 1, 2 e 3, de acordo com cada etapa do trabalho.

3.1. Avaliação Preliminar

A área de estudo foi avaliada pois no local será implantado um empreendimento imobiliário e, para obtenção de licença para tal na Secretaria de Meio Ambiente (SMAM) de Porto Alegre, é necessária apresentação de estudos que comprovem que na área não há passivo ambiental, ou que, se houver passivo ambiental, medidas mitigadoras sejam tomadas, a fim de não representar riscos ao uso futuro da área. A realização da Avaliação Preliminar foi conduzida conforme a ABNT NBR 15515 – Parte 1.

A avaliação contemplou a verificação da localização da área de estudo e seus arredores imediatos, bem como foram levantadas informações disponíveis a respeito do histórico de uso da área, através de entrevista com o atual dono do local. Por fim, com base nestas informações, em conjunto com as observações obtidas a partir de visita na área, foram definidos pontos com potenciais passivos ambientais.

3.2. Investigações Confirmatória e Detalhada

Na área de estudo foram realizadas Investigações Confirmatória e Detalhada, que abrangeram os locais identificados como potenciais passivos ambientais na fase de Avaliação Preliminar e detalharam a contaminação existente na área. A realização das etapas de investigação foram conduzidas conforme a ABNT NBR 15515 – Partes 2 e 3.

3.2.1. Sondagens de reconhecimento

Sondagens de reconhecimento foram executadas para identificar o perfil de solo local, efetuar medições de VOC, realizar a coleta de amostras de solo e instalar poços de monitoramento.

Durante a fase de Investigação Confirmatória, foram realizadas 05 (cinco) sondagens, identificadas como SO-01 a SO-05, e, durante a fase de Investigação Detalhada, mais 06

(seis) sondagens, identificadas como SO-06 a SO-11, com a utilização de trado manual em diâmetro de 4”.

As sondagens realizadas na Investigação Confirmatória foram locadas nas proximidades das áreas identificadas como potenciais passivos ambientais na fase de Avaliação Preliminar. Na Investigação Detalhada, as sondagens foram locadas com o intuito de delimitar a pluma de contaminação existente. Para tal, foram realizadas sondagens à montante e à jusante dos pontos que apresentaram contaminação na etapa anterior.

3.2.2. Amostragem de solo

Para a realização de análises laboratoriais foram coletadas 04 (quatro) amostras de solo na fase de Investigação Confirmatória (SO-01 a SO-04) e 05 (cinco) amostras de solo na fase de Investigação Detalhada (SO-06 a SO-08, SO-10 e SO-11). Durante a realização das sondagens, foram separadas alíquotas de solo e, nestas, realizadas medições de VOC com equipamento PID (*Photo Ionization Detector*). As amostras foram coletadas nas parcelas que apresentavam maior valor de voláteis detectados ou, em caso de não detecção, na parcela de solo logo acima do lençol freático.

As amostras foram acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório, identificadas e armazenadas em caixas térmicas com gelo e imediatamente enviadas para o mesmo, acompanhadas da respectiva cadeia de custódia.

3.2.3. Instalação de poços de monitoramento

Com o objetivo de avaliar as características hidrogeológicas da área investigada e coletar amostras de água subterrânea, foram instalados 04 (quatro) poços de monitoramento temporários, identificados como PM-01 a PM-04, a partir do desenvolvimento das sondagens realizadas (SO-01 a SO-04) na fase de Investigação Confirmatória.

Na etapa de Investigação Detalhada, foram instalados mais 05 (cinco) poços de monitoramento temporários, identificados como PM-05 a PM-09, a partir do desenvolvimento das sondagens realizadas (SO-06 a SO-08, SO-10 e SO-11). Estes poços foram instalados em locais que permitiram delimitar a pluma de contaminação existente, mesmo que parcialmente, considerando a direção de fluxo de água e os pontos de contaminação verificados na etapa anterior.

Imediatamente após a instalação, os poços instalados foram desenvolvidos a partir da remoção do volume de água acumulada no tubo, visando assim remover resíduos oriundos da perfuração e instalação, com a utilização de *bailers* descartáveis.

3.2.4. Amostragem de água subterrânea

Amostras de água subterrânea foram coletadas em todos os poços instalados (PM-01 a PM-09). Antes do início das atividades de amostragem foram realizadas medições do nível da água nos poços e a verificação das condições das águas a serem amostradas. Após, os poços foram purgados mediante a extração de três vezes o volume de água acumulado em seu interior, até que a água apresentasse condições de amostragem. Tanto o desenvolvimento quanto a purga foram realizados com o auxílio de amostradores de polietileno descartáveis tipo *bailer*.

Todos os equipamentos não descartáveis utilizados nas coletas de amostras foram submetidos aos seguintes procedimentos de descontaminação: a) lavagem com água potável e sabão neutro de uso laboratorial utilizando esponjas e escovas descartáveis; b) enxágüe com água potável; c) enxágüe abundante com água deionizada. É extremamente importante que a amostra não seja contaminada pela amostragem, uma vez que pode conduzir a um resultado irreal.

Durante a amostragem das águas subterrâneas, foram realizadas medições *in situ* de pH, condutividade elétrica, e temperatura da água de cada poço. As alíquotas de água coletadas foram acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório, identificadas e armazenadas em caixas térmicas com gelo e imediatamente enviados para o mesmo, acompanhadas da respectiva cadeia de custódia.

3.2.5. Levantamento topográfico e Mapa Potenciométrico

O levantamento topográfico dos poços de monitoramento foi realizado através do método de nivelamento geométrico. As cotas topográficas obtidas são relativas, sendo arbitrado o valor de 100,00 m como cota base, esta referente ao poço de monitoramento PM-03.

A partir do levantamento topográfico dos poços, foram obtidas as cargas hidráulicas correspondentes e posteriormente confeccionado o Mapa Potenciométrico da área.

3.2.6. Ensaios hidráulicos e velocidade de fluxo de água subterrânea

Para a determinação da condutividade hidráulica da área, foi conduzido 01 (um) ensaio de recuperação do tipo carga variável (*slug test*), no poço PM-01.

O método para a interpretação dos dados obtidos durante os testes de campo e para a obtenção do valor da condutividade hidráulica (k) foi o de *Bouwer & Rice* (1976). Segundo este método a condutividade hidráulica é dada por:

$$K = \frac{r^2 \cdot \ln(R_e / R) \cdot \ln(h_0 / h_t)}{2 \cdot L \cdot t}$$

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)

h₀ = 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)

A velocidade de migração foi calculada através do resultado obtido no ensaio de permeabilidade e dos parâmetros hidrogeológicos da literatura, de acordo com a Lei de Darcy, através da equação:

$$V = \frac{K \cdot i}{ne}$$

Onde:

V = Velocidade das águas subterrâneas (L/T)

K = Condutividade hidráulica (L/T)

i = Gradiente hidráulico (L/L)

ne = Porosidade efetiva (L³/L³)

3.2.7. Geologia e Hidrogeologia

Através do mapa geológico local, e das informações obtidas em campo, foi possível levantar informações geológicas regionais e locais, bem como hidrogeológicas, de direção de fluxo e velocidade de águas subterrâneas.

3.2.8. Resultados Analíticos

Os resultados analíticos das amostras de solo e água subterrânea foram comparados com os valores orientadores definidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009 e, para o parâmetro TPH, com os valores de intervenção definidos pelo Sistema de Licenciamento de Postos em 2007, da CETESB.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados obtidos para o estudo de caso realizado.

4.1. Avaliação Preliminar

4.1.1. Localização da área de estudo e áreas de entorno

A área de estudo está localizada na região leste de Porto Alegre, possui área de aproximadamente 1.500m² e está inserida em uma região de ocupação mista. Nos arredores imediatos, verifica-se a presença de empreendimentos comerciais e condomínios residenciais. No tocante à questão de fontes externas de contaminação, merece atenção apenas uma oficina mecânica, que faz divisa com a porção nordeste da área de estudo, por exercer uma atividade com potencial poluidor.

4.1.2. Histórico de utilização e descrição da área de estudo

Através de entrevista com o atual proprietário da área, foi possível obter informações a respeito do histórico de uso da área. Na área operava um posto de combustíveis, onde eram realizadas atividades de abastecimento e lavagem de veículos, bem como troca de óleo. As atividades foram encerradas à aproximadamente 12 (doze) anos, e a maioria dos equipamentos foram removidos do local, restando apenas 2 (dois) elevadores hidráulicos. Atualmente, operam no local um estacionamento e uma lavagem de veículos. Toda área do terreno está pavimentada em concreto liso, em bom estado. A área de lavagem possui uma caixa separadora de água e óleo (CSAO), e os efluentes são encaminhados para a rede pública de coleta de esgotos. O abastecimento de água é realizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE). Não foram identificados no local, poços de monitoramento ou de extração de águas subterrâneas.

4.1.3. Identificação de potenciais passivos ambientais

A partir das informações de histórico obtidas, das instalações existentes e do uso atual da área, foi possível identificar as seguintes áreas com potencialidade de contaminação de solo e águas subterrâneas por hidrocarbonetos:

- Áreas referentes ao antigo posto de combustíveis:

- Área de abastecimento;
- Área onde estavam localizados os tanques enterrados;
- Área dos elevadores hidráulicos.
- Áreas referentes às atividades atualmente realizadas no local:
 - Área de lavagem de automóveis.

Desta forma, a conclusão da Avaliação Ambiental Preliminar conduzida na área foi pela necessidade da realização de uma Investigação Confirmatória nos locais identificados como potenciais passivos ambientais.

A Figura 04 apresenta o layout do antigo posto de combustíveis e das instalações atuais da área de estudo.

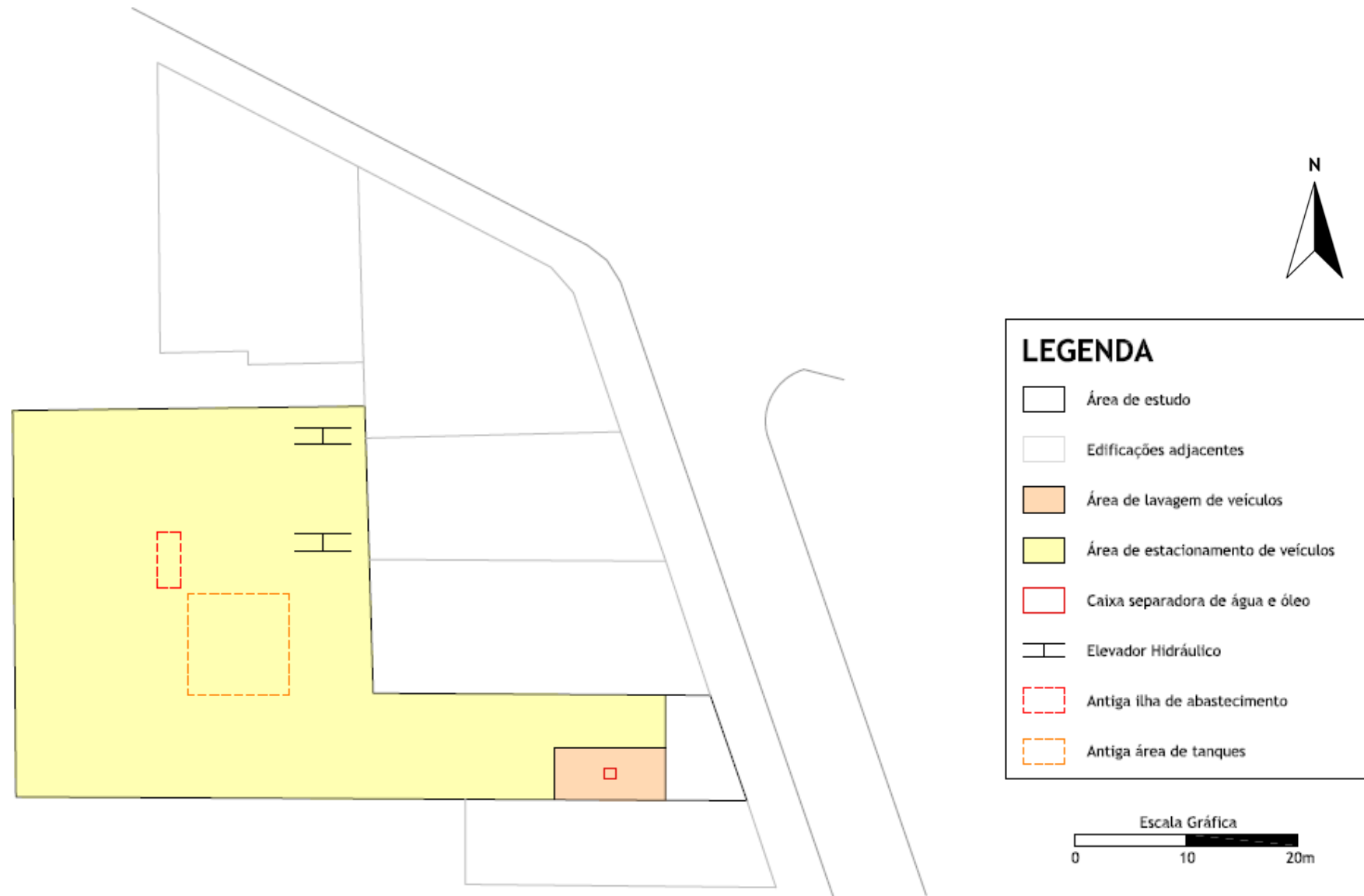


Figura 04: *Layout* do antigo posto de combustíveis e instalações atuais da área de estudo.

4.2. Investigações Confirmatória e Detalhada

4.2.1. Sondagens de reconhecimento

Durante a realização da sondagem SO-01, foi verificada a presença de película oleosa no trado. Após avaliação organoléptica do solo da sondagem, concluiu-se que se tratava de fase residual, uma vez que o produto estava em fase separada do solo e, por estar presente apenas na camada não saturada (não foi identificada fase livre ao atingir o nível freático) e não apresentava mobilidade.

As sondagens realizadas na Investigação Detalhada permitiram delimitar parcialmente o alcance da pluma de contaminação e, no caso das sondagens à montante, desconsiderar a hipótese de contaminação por fonte externa, proveniente da oficina mecânica. Em virtude de questões financeiras, o número de sondagens foi limitado e, desta forma, não foi possível delimitar completamente a pluma existente, somente fazer uma estimativa.

A Tabela 01 apresenta as características das sondagens realizadas.

Tabela 01: Características das sondagens realizadas

Etapa	Sondagem	Diâmetro	Fase residual	VOC (ppm)	Profundidade
Investigação Confirmatória	SO-01	4"	sim	0	2,50m
	SO-02	4"	nd	0	2,30m
	SO-03	4"	nd	0	2,30m
	SO-04	4"	nd	0	2,30m
	SO-05	4"	nd	40	1,50m
Investigação Detalhada	SO-06	4"	nd	0	2,80m
	SO-07	4"	nd	1120	2,50m
	SO-08	4"	nd	0	2,50m
	SO-09	4"	nd	560	2,00m
	SO-10	4"	nd	0	2,50m
	SO-11	4"	nd	0	2,50m

4.2.2. Amostragem de solo

Durante a realização das coletas de amostras de solo, foi encontrado presença de voláteis apenas na amostra da sondagem SO-07. Como o passivo é antigo, estando presente no local a mais de uma década, boa parte da fase vapor não está mais presente.

A Tabela 02 apresenta as características das amostras de solo coletadas e os parâmetros químicos analisados.

Tabela 02: Características das amostra de solo e parâmetros analisados

Etapa	Sondagem	Identificação da amostra	Profundidade da coleta	Concentração de VOC (ppm)	Parâmetros Analisados
Investigação Confirmatória	SO-01	SO-01/1,00m	1,00m	0	BTEX, PAH e TPH Total
	SO-02	SO-02/1,00m	1,00m	0	
	SO-03	SO-03/1,00m	1,00m	0	
	SO-04	SO-04/1,00m	1,00m	0	
Investigação Detalhada	SO-06	SO-06/1,00m	1,00m	0	
	SO-07	SO-07/1,00m	1,00m	1120	
	SO-08	SO-08/0,80m	0,80m	0	
	SO-10	SO-10/1,00m	1,00m	0	
	SO-11	SO-11/1,00m	1,00m	0	

4.2.3. Instalação de poços de monitoramento

As Figuras 05 e 06 apresentam os perfis litológicos das sondagens realizadas e construtivos dos poços de monitoramento instalados nas etapas de Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada, respectivamente. A profundidade média das sondagens realizadas foi de 2,30m, e foi verificada a presença de camadas de solo compostas de saibros e argilas nas camadas superiores, tendendo a camadas arenosas com o aumento da profundidade.

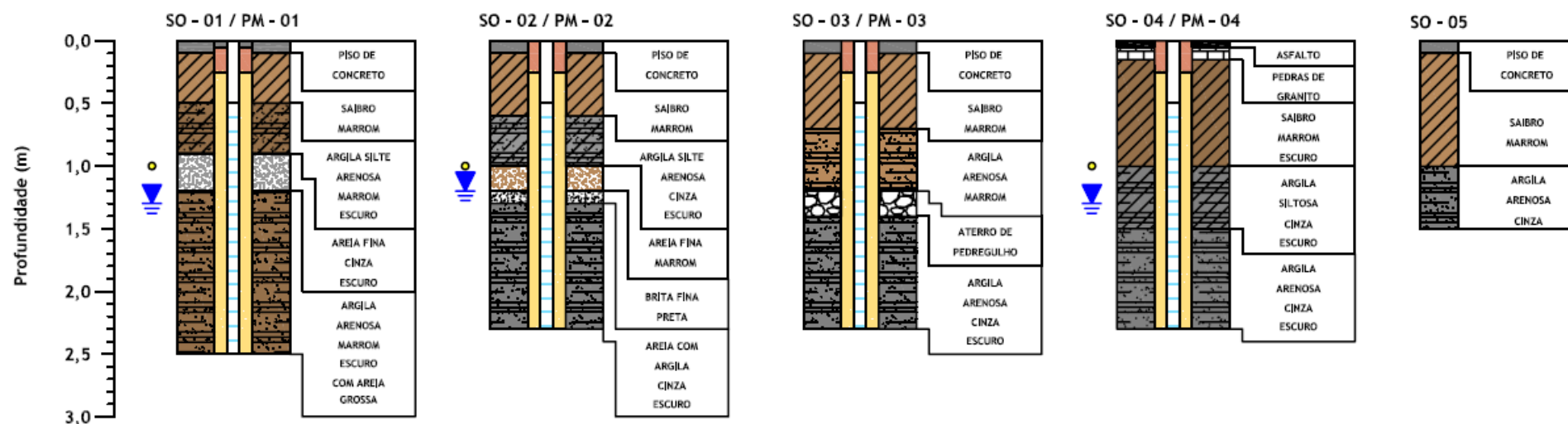


Figura 05: Perfis litológicos das sondagens realizadas e construtivos dos poços de monitoramento instalados – Investigação Confirmatória.

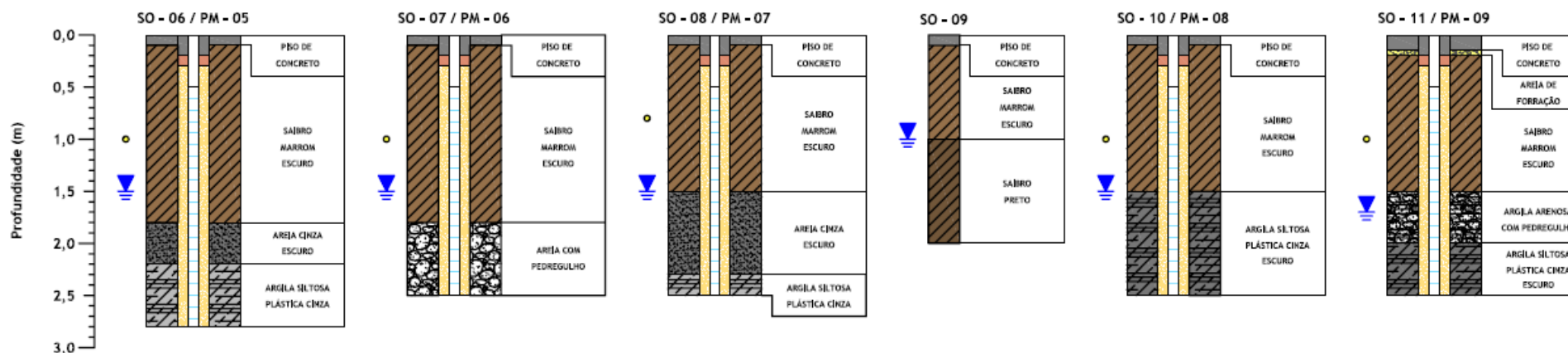


Figura 06: Perfis litológicos das sondagens realizadas e construtivos dos poços de monitoramento instalados – Investigação Detalhada.

4.2.4. Amostragem de água subterrânea

A Tabela 03 apresenta as amostras selecionadas para as análises químicas, as características físico-químicas medidas *in situ* e os parâmetros analisados.

Tabela 03: Características físico-químicas e parâmetros analisados de água subterrânea

Etapa	Poço	pH	Cond. ($\mu\text{S/cm}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Parâmetros Analisados
Investigação Confirmatória	PM-01	7,20	363	18,53	BTEX, PAH e TPH Total
	PM-02	7,81	635	17,43	
	PM-03	7,39	471	20,52	
	PM-04	7,31	661	15,83	
Investigação Detalhada	PM-05	7,02	749	20,89	
	PM-06	7,08	598	20,58	
	PM-07	7,28	720	20,40	
	PM-08	6,84	568	20,76	
	PM-09	6,95	484	21,84	

4.2.5. Levantamento topográfico e Mapa Potenciométrico

A Tabela 04 apresenta os resultados do levantamento topográfico relativo dos poços e a medição dos níveis d'água, e a Figura 07 apresenta a localização das sondagens realizadas, dos poços de monitoramento instalados e o Mapa Potenciométrico da área.

O fluxo preferencial das águas subterrâneas é de noroeste para sudeste.

Tabela 04: Informações dos poços de monitoramento temporários

Etapa	Sondagem/poço	Diâmetro	NA estabilizado	Cota topográfica	Carga Hidráulica	Fase Livre
Investigação Confirmatória	SO-01/PM-01	2"	1,05m	100,016m	98,966m	nd
	SO-02/PM-02	2"	1,28m	99,989m	98,709m	nd
	SO-03/PM-03	2"	1,09m	100,000m	98,910m	nd
	SO-04/PM-04	2"	1,08m	99,549m	98,469m	nd
Investigação Detalhada	SO-06/PM-05	2"	1,13m	100,027m	98,897m	nd
	SO-07/PM-06	2"	1,05m	99,985m	98,935m	nd
	SO-08/PM-07	2"	0,90m	99,696m	98,796m	nd
	SO-10/PM-08	2"	1,70m	99,982m	98,282m	nd
	SO-11/PM-09	2"	1,05m	100,02m	98,97m	nd

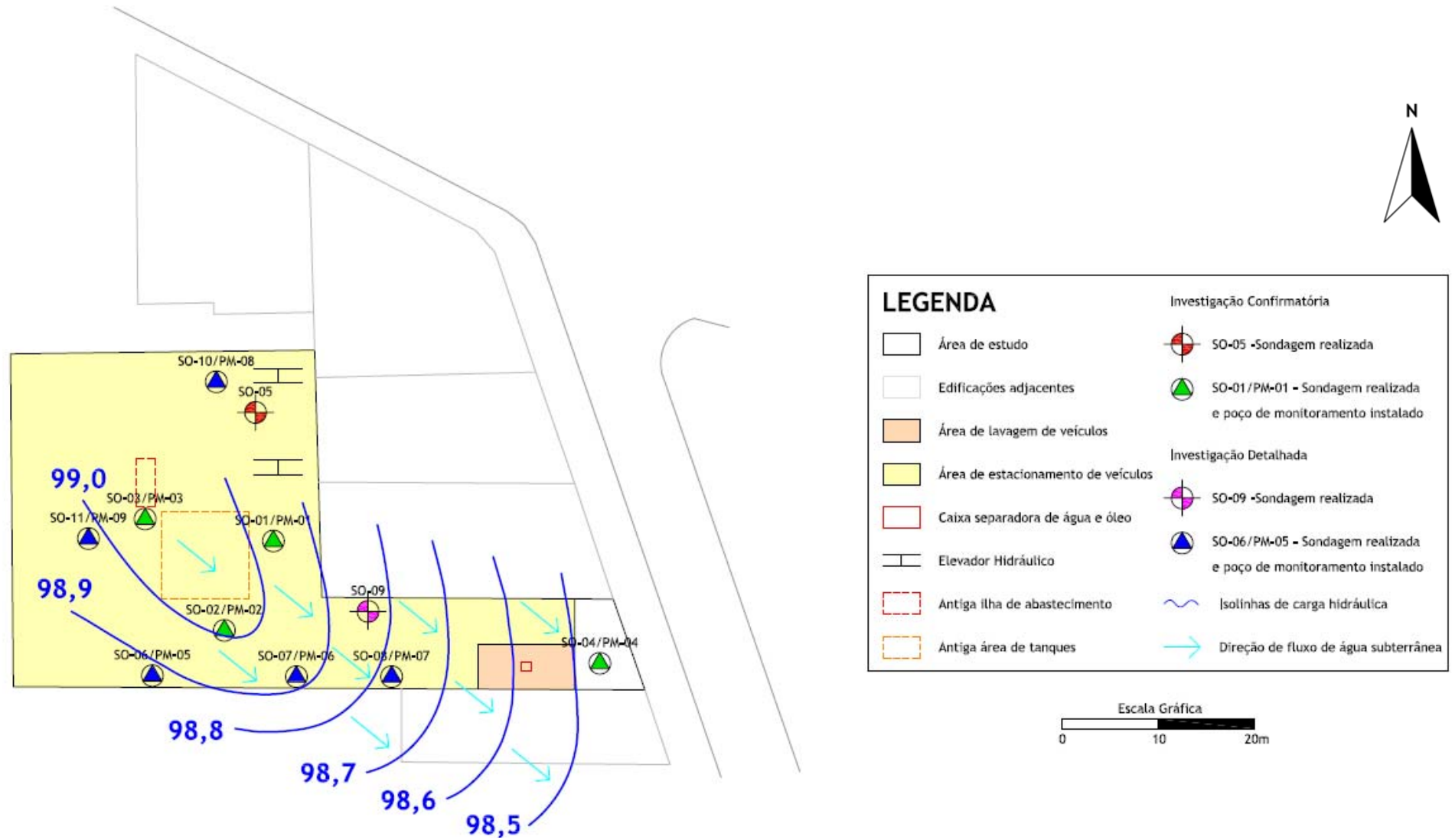


Figura 07: Localização das sondagens realizadas, dos poços de monitoramento instalados e Mapa Potenciométrico local.

4.2.6. Ensaios hidráulicos e velocidade de fluxo de água subterrânea

O valor obtido da condutividade hidráulica (K) na área foi de $3,67 \times 10^{-4}$ cm/s. Assim, estima-se uma velocidade de migração das águas subterrâneas de 8,00 m/ano, adotando-se uma porosidade efetiva de 20% (Domenico e Schwartz, 1990) para o aquífero.

4.2.7. Geologia e Hidrogeologia

A área avaliada encontra-se em uma região de relevo plano, inserida completamente em área geológica de depósitos eluviais do Escudo Sul-rio-grandense (HASENACK, 2008), onde predominam depósitos sedimentares quaternários, compostos por cascalhos, areias grossas a finas e sedimentos siltico-argilosos inconsolidados preenchendo calhas de rios e planícies de inundação. O mapa geológico da região é apresentado na Figura 08.

As sondagens executadas na área permitiram individualizar localmente, do topo para a base, os seguintes estratos:

- Saibros de coloração marrom, em tonalidades claras e escuras, variando em espessuras entre 0,50 e 1,00 metros;
- Argilas silto arenosas, com colorações variando de cinza escuro a marrom escuro, com espessuras médias de 0,50 metros;
- Camadas de areia fina escura ou pedregulhos, com pequena espessura, entre 0,10 e 0,30 metros;
- Argilas arenosas marrom e cinza escuras, variando entre 1,00 e 1,50 metros de espessura.

Os perfis de solo sugerem camadas superficiais com características de aterros externos, por apresentarem maior variação de tonalidades e por possuírem características com tendências a granulometrias menores, ou mais argilosas.

O aquífero local é caracterizado como aquífero livre, e apresenta um nível estático posicionado entre 1,00 e 1,30 m de profundidade em média. O fluxo preferencial das águas subterrâneas é de noroeste para sudeste, conforme demonstrado no mapa potenciométrico apresentado na Figura 07.

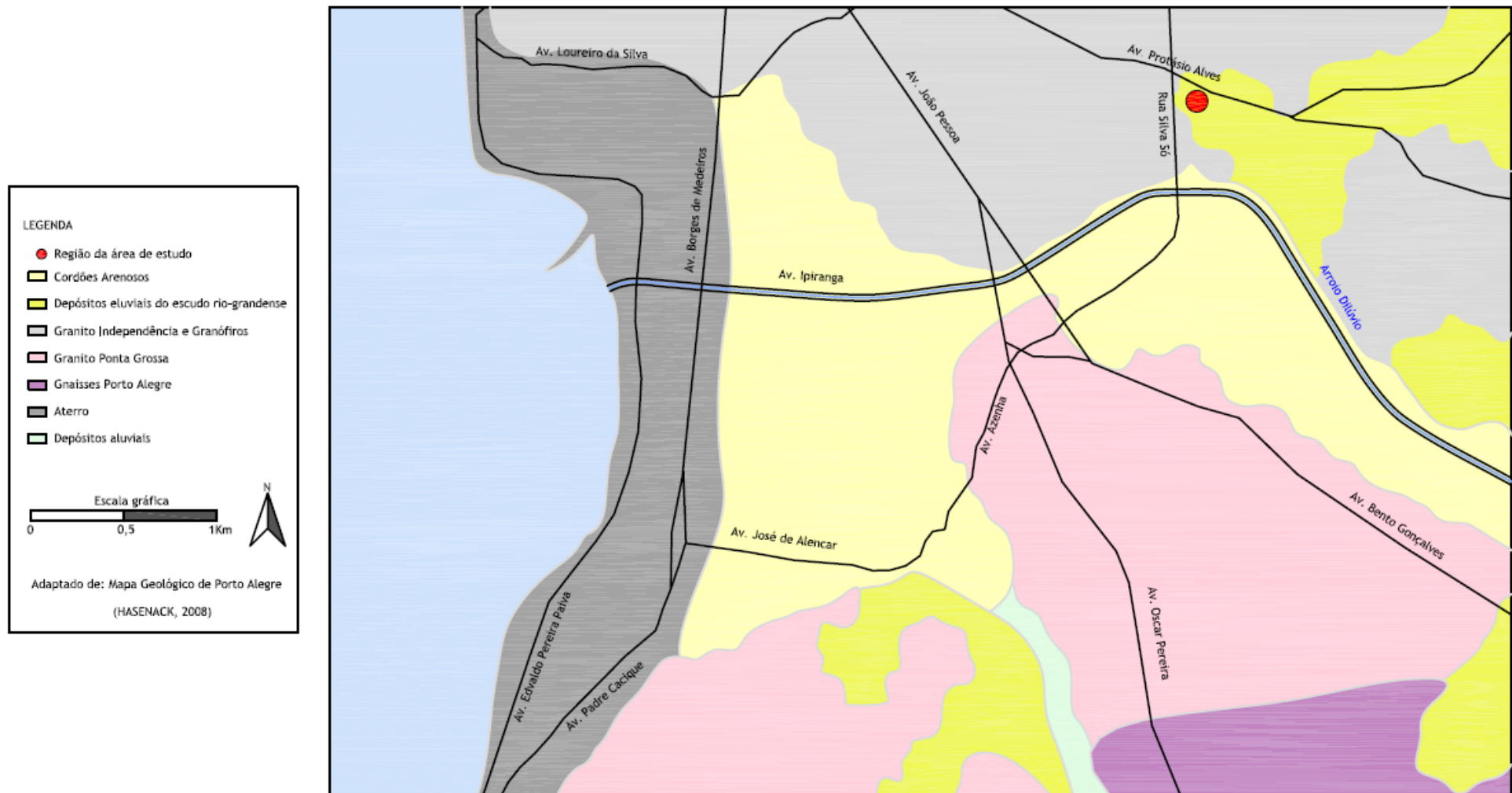


Figura 08: Mapa Geológico.

4.2.8. Resultados Analíticos

4.2.8.1. Resultados Analíticos de Solo

Os resultados analíticos obtidos indicaram concentrações de TPH acima dos padrões de referência utilizados apenas na amostra SO-01. Também neste ponto, foram verificadas concentrações de PAH (Fluoreno, Fenantreno, Pireno e Naftaleno) em valores significativos, porém abaixo dos padrões de referência utilizados. A amostra SO-01 foi coletada à jusante dos elevadores hidráulicos, que possui histórico de presença de óleos. Ressalta-se que, durante a realização da sondagem SO-01 foi constatada também presença de fase residual.

Tais resultados indicam presença de fonte de contaminação acima do nível freático, presente no solo como fase adsorvida e residual. O local da fonte está nas proximidades dos elevadores hidráulicos e da antiga área de tanques enterrados.

A Tabela 05 apresenta os resultados analíticos de solo.

Tabela 05: Resultados Analíticos de Solo

PARÂMETROS	Unidade	RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO - BTEX									CONAMA 420
BTEX		Investigação Confirmatória				Investigação Detalhada					Investigação
		SO-01 1,00m	SO-02 1,00m	SO-03 1,00m	SO-04 1,00m	SO-06 1,00m	SO-07 1,00m	SO-08 0,80m	SO-10 1,00m	SO-11 1,00m	Residencial
Benzeno	mg/Kg	<0,006	<0,006	<0,006	0,008	<0,005	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,08
Tolueno	mg/Kg	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	30
Etilbenzeno	mg/Kg	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,005	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	40
Xilenos ⁽¹⁾	mg/Kg	<0,011	<0,012	<0,012	0,014	<0,011	<0,012	<0,012	<0,011	<0,011	30
PARÂMETROS	Unidade	RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO - PAH									CONAMA 420
PAH		Investigação Confirmatória				Investigação Detalhada					Investigação
		SO-01 1,00m	SO-02 1,00m	SO-03 1,00m	SO-04 1,00m	SO-06 1,00m	SO-07 1,00m	SO-08 0,80m	SO-10 1,00m	SO-11 1,00m	Residencial
Benzo(a)pireno	mg/Kg	<2,25	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	<0,01	0,02	1,5
Benzo(b)fluoranteno	mg/Kg	<2,25	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,05	<0,01	0,02	-
Benzo(k)fluoranteno	mg/Kg	<2,25	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,01	0,04	<0,01	0,02	-
Criseno	mg/Kg	<2,25	<0,01	0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,06	<0,01	0,03	-
Acenaftileno	mg/Kg	<2,25	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Fluoreno	mg/Kg	5,71	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Antraceno	mg/Kg	<2,25	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	-
Benzo(ghi)perileno	mg/Kg	<2,25	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,04	<0,01	0,01	-
Fenantreno	mg/Kg	4,73	0,02	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	<0,01	0,03	40
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/Kg	<2,25	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,6
Indeno(123-cd)pireno	mg/Kg	<2,25	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,06	<0,01	0,02	25
Pireno	mg/Kg	5,35	0,01	0,02	0,06	0,04	0,03	0,08	<0,01	0,03	-
Acenafteno	mg/Kg	<2,25	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Fluoranteno	mg/Kg	<2,25	0,01	0,01	0,1	0,05	0,03	0,09	<0,01	0,04	-
Naftaleno	mg/Kg	9,32	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	60
Benzo(a)antraceno	mg/Kg	<2,25	0,02	0,02	0,11	0,03	0,02	0,05	<0,01	0,03	20
PARÂMETROS	Unidade	RESULTADOS ANALÍTICOS DE SOLO - TPH									CETESB
TPH		Investigação Confirmatória				Investigação Detalhada					Intervenção
		SO-01 1,00m	SO-02 1,00m	SO-03 1,00m	SO-04 1,00m	SO-06 1,00m	SO-07 1,00m	SO-08 0,80m	SO-10 1,00m	SO-11 1,00m	Residencial
TPH TOTAL	mg/Kg	2493	71,2	<46	<48,8	<43,2	<45,2	<46,4	<45,2	<44	1000 ⁽¹⁾

Notas:

- Resolução CONAMA nº420/2009 – Lista de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas.
- CETESB – Sistema de Licenciamento de Postos – Fevereiro de 2007.

4.2.8.2. Resultados Analíticos de Água Subterrânea

Quando avaliadas as informações das duas etapas de avaliação ambiental, observa-se que a contaminação da água subterrânea local está restrita aos pontos PM-01, PM-02 e PM-03, em função da presença de concentrações, acima do valor de referência, para o composto TPH.

Merecem também destaque as concentrações de Benzeno no PM-02 e TPH no PM-04, que apesar de não ultrapassarem os padrões de referência (investigação CONAMA e intervenção CETESB), encontram-se próximos aos mesmos.

Estes pontos estão localizados próximo aos locais de operação do antigo posto de serviços, estando o PM-01 à jusante dos antigos elevadores hidráulicos e próximo à antiga caixa de efluentes, o PM-02 à jusante da antiga área de tanques e, o PM-03, à jusante da antiga ilha de abastecimento.

Os resultados analíticos de água subterrânea são apresentados na Tabela 06.

A Figura 08 apresenta a pluma inferida de fase dissolvida de contaminação por TPH na área. Ressalta-se que a mesma encontra-se aberta nos limites a leste do PM-01 (representada por linha pontilhada na figura). A área estimada da pluma é de 550 m².

Tabela 06: Resultados Analíticos de Água Subterrânea

PARÂMETROS	Unidade	RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA - BTEX									CONAMA 420
BTEX		Investigação Confirmatória				Investigação Detalhada					Investigação
		AS-01	AS-02	AS-03	AS-04	AS-05	AS-06	AS-07	AS-08	AS-09	
Benzeno	µg/L	<1	3,73	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	5
Tolueno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	700
Etilbenzeno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	300
Xilenos	µg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	500
PARÂMETROS	Unidade	RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA - PAH									CONAMA 420
PAH		Investigação Confirmatória				Investigação Detalhada					Investigação
		AS-01	AS-02	AS-03	AS-04	AS-05	AS-06	AS-07	AS-08	AS-09	
Benzo(a)pireno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,7
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	<0,01	0,03	0,34	0,02	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	-
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	<0,01	0,02	<0,01	0,02	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-
Criseno	µg/L	<0,01	<0,01	0,23	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	-
Acenaftileno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Fluoreno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,03	0,02	<0,01	-
Antraceno	µg/L	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	-
Fenantreno	µg/L	0,49	0,03	0,33	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,01	140
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,18
Indeno(123-cd)pireno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,17
Pireno	µg/L	0,17	0,01	0,02	0,02	0,01	0,09	0,02	0,02	<0,01	-
Acenafteno	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,04	<0,01	-
Fluoranteno	µg/L	0,08	0,02	0,39	0,02	0,02	0,11	0,04	0,03	0,01	-
Naftaleno	µg/L	<0,01	<0,01	0,15	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	140
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,25	<0,01	0,16	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	1,75
PARÂMETROS	Unidade	RESULTADOS ANALÍTICOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA - TPH									CETESB
TPH		Investigação Confirmatória				Investigação Detalhada					Intervenção
		AS-01	AS-02	AS-03	AS-04	AS-05	AS-06	AS-07	AS-08	AS-09	
TPH TOTAL	µg/L	7400	1100	1900	420	<200	<200	<200	<200	<200	600

Notas:

- c) Resolução CONAMA nº420/2009 – Lista de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas.
- d) CETESB – Sistema de Licenciamento de Postos – Fevereiro de 2007.

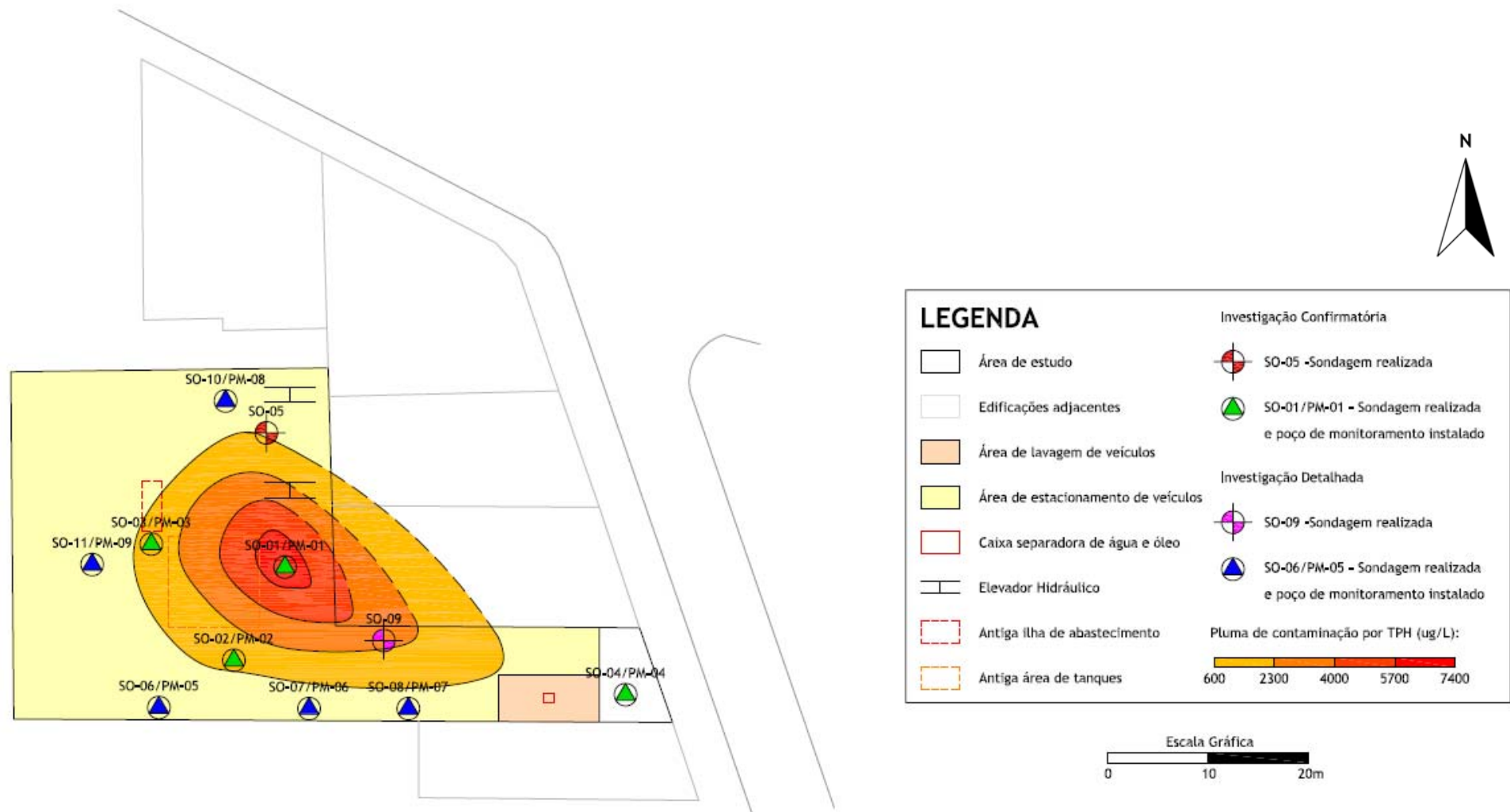


Figura 09: Pluma de contaminação de fase dissolvida de TPH.

5. CONCLUSÕES

A área de estudo investigada apresenta contaminação por hidrocarbonetos, uma vez que foram encontradas presença de fases residual, adsorvida, dissolvida e vapor. As fases vapor e residual foram encontradas pontualmente, o que confirma o fato das fontes presentes na área serem de origem antiga. Não foi identificada fase livre na área.

Quando avaliadas as informações das etapas de avaliação ambiental realizadas, pode-se concluir que:

- Foram verificadas alterações na qualidade dos solos locais, representadas pela presença de concentrações de TPH, acima dos valores de referência, e concentrações significativas de PAH (Fluoreno, Fenantreno, Pireno e Naftaleno), restritas ao ponto SO-01, localizado nas proximidades dos elevadores hidráulicos e da antiga área de tanques de combustíveis;
- Foram verificadas alterações na qualidade das águas subterrâneas locais, representadas pela presença de concentrações, acima dos padrões de referência, nos poços PM-01, PM-02 e PM-03, para o composto TPH. Concentrações dos compostos Benzeno e TPH, respectivamente nos poços PM-02 e PM-04, apesar de não ultrapassarem os padrões de referência utilizados, estão próximas aos seus limites de intervenção;
- As plumas de contaminação dos solos e águas subterrâneas encontram-se parcialmente delimitadas, possuindo área estimada de 550m²;
- As concentrações do composto TPH nas águas subterrâneas demandam a necessidade de implantação de medidas de intervenção no local, conforme preconizado pela Resolução CONAMA nº420/2009.

Assim, considerando os resultados obtidos recomenda-se:

- Acompanhamento ambiental da remoção dos antigos equipamentos (elevadores hidráulicos) do antigo posto e estruturas a atual área de lavagem em operação (caixa separadora), com destinação adequada dos resíduos a serem gerados;
- Em função das futuras escavações para a implantação do empreendimento residencial projetado para a área e para a remoção dos equipamentos e estruturas da área, considera-se apropriada a escavação dos locais onde foram

verificadas alterações nos solos e águas subterrâneas, de forma a promover a remoção da massa de contaminantes presentes nestes locais;

- Após a realização das ações citadas acima, realização de uma nova campanha de monitoramento das águas subterrâneas.

Desta forma, conclui-se que a metodologia preconizada pela Resolução CONAMA nº420/2009 apresenta uma linha de gerenciamento de áreas contaminadas interessante e eficiente. No andamento das etapas, é possível utilizar-se de diversas técnicas diferentes para investigação e contaminação de áreas, adequando-se a cada caso específico. As técnicas escolhidas e utilizadas, definidas pela Norma ABNT NBR 15515, foram suficientes para diagnosticar e quantificar os passivos ambientais existentes na área, que possibilitaram embasamento para tomadas de decisão futuras, referentes às etapas de intervenção e monitoramento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15492: Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 1: Projeto e construção. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15495-2: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados – Parte 2: Desenvolvimento. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-1: Avaliação de Passivo ambiental em solo e água subterrânea: Parte 1 – Avaliação Preliminar. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-2: Avaliação de Passivo ambiental em solo e água subterrânea: Parte 2 – Investigação Confirmatória. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15515-3: Avaliação de Passivo ambiental em solo e água subterrânea: Parte 3 – Investigação Detalhada. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de purga. Rio de Janeiro, 2010.

BOUWER, H. & RICE, R.C. A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. Water Resources Research, 1976.

CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental). Decisão da diretoria nº010-2006-C. Dispões sobre os novos procedimentos para o licenciamento de postos e sistemas retalhistas de combustíveis e dá outras providências. São Paulo, 2006.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução nº 273. Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. 2000.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução nº 420. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de substâncias de atividades antrópicas. 2009.

CRUZ, F.. Remediação de solos contaminados por gasolina. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.

DOMENICO, P. A. e SCHWARTZ, F. W. Physical and Chemical Hydrogeology. New York: Wiley, 1990. 824 p.

EPA (U. S. Environmental Protection Agency). How to effectively recover free product at leaking underground storage tank sites. 1996.

FEPAM (Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente). Portaria nº85. Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 9 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. 2014.

FERNANDES, M.. Influência do etanol na solubilidade de hidrocarbonetos monoaromáticos em aquíferos contaminados com gasolina. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.

HASENACK, Heinrich et al. (Coord.). Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. 84 p.

MARANHÃO, D.; TEIXEIRA, C. A.; TEIXEIRA, T.M.A.. Procedimentos de investigação e avaliação da contaminação em postos de combustíveis, utilizando metodologias de análise de Risco: Aplicação da ACBR em estudo de caso na RMS. Monografia. Universidade Federal da Bahia. 2007.

NETTO, C. N.; BALDESSAR, F.; LUCA, L. A.. Estudo qualitativo de segurança em postos revendedores de combustíveis. Dissertação. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2005.

OLIVEIRA, Everton de. Comportamento de Contaminantes no Solo e Água Subterrânea. I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. 15 a 18 de setembro de 2009. São Paulo.

RIBEIRO, M. S. de; LISBOA, L.P.. Passivo Ambiental. Anais do Congresso Brasileiro de Contabilidade. Goiânia. 2000.