



**INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS
TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP.**

**Proposta Técnica
CO-1503-02b
CONTRATO Nº 11/2015**

Natureza do Trabalho: Investigação Ambiental Detalhada, Avaliação de Riscos Toxicológicos na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP.

Local: Av. Arlindo Béttio, nº 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo – SP

Interessado: **Superintendência do Espaço Físico da
Universidade de São Paulo – SEF/USP**

JANEIRO/2017

Prezados Clientes,

Com grande satisfação comunicamos que a “**ConAm - Consultoria Ambiental Ltda.**”, inovando e se antecipando mais uma vez, acaba de conquistar junto ao **Organismo Certificador ABNT** a “**Certificação**” inédita (Declaração de Conformidade) no Mercado, assegurando ainda mais aos nossos Clientes a garantia dos serviços prestados, em conformidade com as principais **Normas ABNT** de Investigação Ambiental;

- **ABNT NBR 15515-1-2007** - Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 1: Avaliação Preliminar;
- **ABNT NBR 15515-2-2011** - Passivo Ambiental em solo e água subterrânea - Parte 2: Investigação Confirmatória;
- **ABNT NBR 15515-3-2013** - Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 3: Investigação Detalhada;
- **ABNT NBR 16209-2013** - Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas;
- **ABNT NBR 16210-2013** - Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas - Procedimento.

A Certificação, de acordo com as normas nacionais e internacionais, demonstra nosso compromisso com a melhoria contínua e desempenho de negócios sustentáveis. O aprimoramento contínuo e nossa busca por um **SGQ - Sistema de Gestão da Qualidade** integrado, auxilia na operacionalização e otimização de nossas atividades e serviços prestados, na melhoria dos processos internos e maior capacitação dos nossos colaboradores.

Essa conquista vai além de uma entrada para novas oportunidades. É algo para se orgulhar e comunicar claramente ao mercado nossa posição de vanguarda no segmento, garantindo um trabalho de excelência e fortalecendo ainda mais a confiança dos nossos clientes, fornecedores e parceiros.

A ConAm - Consultoria Ambiental Ltda.



DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

A ABNT declara que a empresa:

ConAm Consultoria Ambiental Ltda

CNPJ: 06.316.940/0001-70

Realiza as atividades de:

PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE CONSULTORIA EM ENGENHARIA AMBIENTAL E GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS; AVALIAÇÃO PRELIMINAR, INVESTIGAÇÕES CONFIRMATÓRIA, DETALHADA E AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA em conformidade com as seguintes normas:

- ABNT NBR 15515-1-2007

Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 1: Avaliação Preliminar;

- ABNT NBR 15515-2-2011

Passivo Ambiental em solo e água subterrânea - Parte 2: Investigação Confirmatória;

- ABNT NBR 15515-3-2013

Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 3: Investigação Detalhada;

- ABNT NBR 16209-2013

Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas;

- ABNT NBR 16210-2013

Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas - Procedimento.

Validade:

14/12/2016 a 14/12/2017

Rio de Janeiro, 21 de dezembro de 2016


 Guy Advocat
 Gerente de Certificação de Sistemas
 Systems Certification Manager

Esta declaração é suportada por contrato de atendimento à Norma e procedimentos da ABNT e é válida somente em original e com o timbre da ABNT em alto-relevo seco, assinado pelo Gerente de Certificação de Sistemas. Sua validade pode ser confirmada no seguinte endereço eletrônico: www.abnt.org.br. (CNPJ: 33.402.892/0001-06 – Tel.: (21) 3974-2300 / Fax: (21) 3974-2315).

This declaration is sustained by a contract of compliance with ABNT Standard and procedures and will be valid only its original form and with the ABNT stamp in dry high-relief, duly signed by the Systems Certification Manager. Its validity may be confirmed at the following electronic address: www.abnt.org.br. (CNPJ: 33.402.892/0001-06 – Tel.: (21) 3974-2300 / Fax: (21) 3974-2315).



CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O presente relatório foi elaborado sob coordenação da **ConAm Consultoria Ambiental Ltda.**, como parte da Concorrência nº 001/2015 (Contrato nº 11/2015) para execução de serviços de Investigação Ambiental Detalhada, Avaliação de Riscos Toxicológicos na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP (áreas AI-02 e AI-03), à Av. Arlindo Béttio, nº 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo – SP.

Este estudo foi conduzido com o objetivo de verificar se há potencial de comprometimento da qualidade do solo e da água subterrânea e, havendo, quais as medidas necessárias para se assegurar a qualidade ambiental do imóvel.

São Paulo, 30 de janeiro de 2017

Engenheiro Sergio Pascoal Pereira

CREA-SP 0601023600

Responsável Técnico

SUMÁRIO EXECUTIVO

A **ConAm Consultoria Ambiental Ltda.** sagrou-se vencedora da Concorrência USP nº 001/2015 para execução do estudo de “Investigação Ambiental Detalhada e Avaliação de Riscos Toxicológicos na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP” em área localizada à Av. Arlindo Béttio, nº 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo – SP, para a SEF – Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo com assinatura do Contrato nº 11/2015.

Os trabalhos executados seguiram as orientações do Termo de Referência constante no Anexo II – Material Técnico do Edital Concorrência nº 001/2015, elaborado em atendimento às solicitações e exigências da CETESB referentes a áreas contaminadas, expressas na ata de reunião entre a CETESB e a SEF, realizada em 13/08/2013.

As áreas objeto de estudo deste relatório são os terrenos não edificados da USP Leste, denominados: AI-02 e AI-03. A área edificada da USP Leste, AI-01, atualmente ocupada apenas pela EACH, foi alvo de diversos estudos ambientais, desde o ano de 2005, e atualmente está em processo de monitoramento de gás metano.

O histórico da área de estudo (AI-02 e AI-03) está diretamente relacionado com a área edificada da USP Leste (AI-01), e o principal fato ocorrido foi a deposição de solo e/ou resíduos de origem desconhecida entre os anos de 2011 e 2012, que a CETESB define como “solo importado para aterro”, conforme Parecer CETESB nº 116/IPSS/12, ocorrido principalmente na área edificada AI-01 e área não edificada AI-02.

Nas 17 sondagens (ST-25 a ST-41) executadas na área AI-02 por SERVMAR (2012) identificou-se na ST-25 e ST-26 resíduos de tinta, solvente e graxa, e a ST-30 apresentou solo encharcado com óleo. Sendo que os resultados laboratoriais apresentaram o composto Bis(2-etilhexil)ftalato na amostra de solo da ST-25 e diversas substâncias semi-voláteis (SVOC) na ST-30 com concentrações acima dos valores de intervenção residencial. Novas amostras foram coletadas nestes pontos, sendo: na ST-25 foi realizada a sondagem S-314; na ST-26, foi realizada a sondagem S-350 e na ST-30 foi realizada a sondagem S-403.

As áreas AI-02 e AI-03 possuem aproximadamente 90.000,00 m² e foram divididas em 20 Unidades de Decisão (UDs) com 4.000,00 m² cada. Foram executadas 30 sondagens com profundidade média de 6,00 metros com equipamento Geoprobe, em cada UD, para coleta de amostras de solo multiincremento a 0,30 m e 1,00 m para análise laboratorial de Metais, SVOC, POC e PCBs. Além disso foram realizadas medições de VOC e Metano, com PID e Landtec GEM 5000 Plus, respectivamente, nas profundidades de 0,30m, 1,00m e a cada 0,50 metros subsequentes, limitando-se à zona da franja capilar.

A localização de cada uma das 600 sondagens foi previamente marcada com a cravação de estacas de madeira, de origem legal, com 1,00 m de altura com auxílio do equipamento de levantamento topográfico georreferenciado.

Dessa forma, foram executadas 564 sondagens com média de 6,00 metros, sendo que não foi possível trabalhar na UD-02 devido à presença do canteiro de obras da CPTM para construção da Linha 13 Jade. Também não foram executadas seis sondagens (S-25 a S-30) na UD-01 por inacessibilidade do equipamento Geoprobe. Observa-se que essas áreas se encontram na AI-03, e não receberam o solo de origem desconhecida de 2010.

O controle de qualidade das amostras multiincremento nas profundidades de 0,30 m e 1,00 m foi realizado com a coleta de amostras em triplicata na UD-07 (AI-03) e UD-15 (AI-02), totalizando análise laboratorial de 46 amostras de solo.

De acordo com as descrições tátil-visuais e medições de VOC com PID, foram coletadas 4 principais amostras de solo em cada UD para análise laboratorial de VOC, totalizando 76 amostras para as 19 UD's realizadas.

As sondagens que apresentaram alguma alteração nas características tátil-visuais ou altas medições de VOC foram: S-594, S-336, S-551, S-403 (ST-30 da Servmar, 2012), S-314 (ST-25 da Servmar, 2012), S-350 (ST-26 da Servmar, 2012), S-438, S-439, S-371, S-241 e S-460.

Na primeira etapa, os solos das sondagens S-336, S-438, S-439, S-551 e S-594, foram amostrados para análise laboratorial de TPH *fingerprint*. Destas, apenas as sondagens S-336, S-403 e S-438/439 apresentaram concentração acima do valor de referência CETESB (2006) que é 1.000,00 mg/kg. Em função dos resultados obtidos, foi conduzida uma investigação complementar com o objetivo de detalhar e

dimensionar os pontos onde foram encontrados indícios de contaminação. Nesta segunda etapa foram executadas 16 sondagens para delimitação horizontal do TPH *fingerprint* no solo e refeitas 4 sondagens para delimitação vertical e amostragem de VOC/SVOC nos locais com concentração acima do valor de referência.

Durante a instalação dos poços de monitoramento foram coletadas 16 amostras de solo indeformadas para análises de parâmetros geotécnicos das litologias predominantes (aterro superficial, areia e argila orgânica preta).

Foram instalados 57 poços de monitoramento da água subterrânea (sendo 28 poços na primeira etapa e mais 09 poços na segunda etapa nas áreas AI-02 e AI-03 e 20 poços na área do Parque Tietê para estudo de *background*) pelo método de perfuração rotativa a trado helicoidal oco (*hollow stem auger*) também pelo equipamento Geoprobe. Os poços foram instalados, principalmente, nas sondagens que apresentaram algum tipo de alteração táctil-visual. Com relação as profundidade dos poços de monitoramento de água subterrânea, foram 26 poços superficiais (profundidades entre 3,00m e 7,00m) e 11 poços profundos (profundidades entre 6,00m e 10,00m) nas áreas AI-02 e AI-03; 20 poços de monitoramento na área do Parque Tietê, para estudo hidrogeoquímico com objetivo de demonstrar a composição e qualidade natural do solo e água subterrânea em área que não apresentou alteração antrópica, sendo 10 poços rasos e 10 poços profundos. A profundidade dos poços foi definida por meio de sondagens guias utilizadas para caracterização da geologia local, antes da instalação dos poços. De forma que, de maneira geral, os poços rasos foram instalados em unidade de aterro, e os profundos foram instalados nos sedimentos quaternários abaixo do aterro, preferencialmente em camadas mais condutivas como areia.

A amostragem, em baixa vazão, dos 57 poços instalados e de 10 poços (previamente selecionados) da área AI-01 (área edificada da USP Leste) foi realizada pela ConAm Consultoria Ambiental, acreditada pelo INMETRO sob nº CRL 1116 para análise laboratorial na instalação do cliente dos seguintes parâmetros físico-químicos: condutividade elétrica - CE, pH, oxigênio dissolvido - OD, potencial de oxirredução – ORP e temperatura. Além disso foram coletadas amostras de controle da qualidade, sendo 2 Brancos de Campo, 3 Brancos de Equipamento e 2 amostras em duplicata.

As análises laboratoriais das amostras de água subterrânea coletadas foram realizadas no laboratório Eurofins – Anatech (CRL 0212) para os seguintes

parâmetros: Metais lista CETESB (2014), PCBs, POC, varredura de VOC e SVOC, e indicadores de contaminação: COD, DBO, DQO, surfactantes, metano, sulfeto, alcalinidade em bicarbonato e em carbonato e em hidróxido; ânions maiores: cloreto, fluoreto, fosfato e sulfato; cátions maiores: cálcio, magnésio, potássio e sódio; e série do nitrogênio: N orgânico, N albuminoide, N kjeldahl, N amoniacal, N nitrito e N nitrato.

Para determinação da condutividade hidráulica na área em estudo foram conduzidos ensaios do tipo *Slug test* e *Bail Test*, em 14 poços instalados nas áreas AI-02, AI-03 e Parque Ecológico do Tietê, sendo 8 poços superficiais e 6 poços profundos. Foram utilizados transdutores de pressão modelo *Cera Diver*, para medição da coluna d'água, e *Baro Diver*, para leitura da pressão atmosférica externa ao poço, visando o cálculo da compensação barométrica das medições de coluna d'água.

Para o monitoramento da presença de gases no solo, foram executadas 37 (trinta e sete) sondagens para a instalação de poços de monitoramento de gases, em porções da área de estudo determinadas conforme descrição dos perfis de sondagens, resultados das análises de solo e água subterrânea. Os testes de estanqueidade dos poços de gases foram realizados com utilização do gás Hélio como traçador.

O levantamento topográfico dos poços de monitoramento instalados foi realizado por meio de receptor geodésico GPS/GNSS móvel, através da técnica RTK associada ao método de rede NTRIP.

Adicionalmente, através da comparação entre o levantamento topográfico efetuado neste trabalho e o levantamento topográfico realizado pela Prefeitura de São Paulo em 2004, foi possível obter a espessura média das áreas aterradas, podendo-se ainda estimar o volume aproximado de aterro depositado no local. Assim, estima-se que a espessura média do aterro nas áreas AI-02 e AI-03 é de 3,00 metros com volume de solo depositado com aproximadamente 48.000 m³.

Com relação à direção e sentido do fluxo das águas subterrâneas, nas áreas AI-01, AI-02 e AI-03, no aquífero raso encontra-se sentido Oeste em direção ao córrego que fica entre a área de estudo e a Rodovia Ayrton Senna; já no aquífero profundo, o sentido preferencial possui tendência radial, de sudoeste até nordeste, sentido Rodovia Ayrton Senna. No parque Tietê, o fluxo preferencial no aquífero raso encontra-se no sentido sudoeste e no aquífero profundo, sentido sul.

Os resultados laboratoriais das 46 amostras de solo multiincremento, incluindo as amostras em triplicata, não apresentaram concentrações acima dos valores de intervenção comercial e residencial conforme CETESB (2014) e USEPA (jun, 2015).

Com relação as amostras coletadas para análise laboratorial de VOC, em apenas 5 amostras foram detectadas algumas substâncias, mas todas estão abaixo dos valores de intervenção comercial e residencial CETESB (2014) e USEPA (jun, 2015).

As 16 amostras de solo coletadas para análise laboratorial de SVOC e VOC, sendo 8 amostras a 0,30 m e 8 amostras a 1,00 metros, para identificação dos compostos orgânicos predominantes com análise do tipo TIC (*Tentatively Identified Compounds*), apresentaram apenas na amostra ST/PMN-07 (ao lado da S-439 que apresentou TPH a 2,00 m) concentração de Benzo(a)pireno, na profundidade 0,30 m, acima do valor de intervenção residencial.

Os resultados laboratoriais das amostras de água subterrânea para as Áreas AI-02 e AI-03 apresentaram, acima do valor de intervenção CETESB (2014): Benzeno com 65,30 µg/L no PM-04 e Etilbenzeno com 338 µg/L e 1,2,4-trimetilbenzeno com 92,3 µg/L no PM-06. Com relação aos metais, filtrados em campo, detectou-se Bário no PM-01, PM-07, PM-12 e PM-13, Chumbo no PMN-03 e Cobalto no PM-12 acima do valor de intervenção CETESB (2014).

A presença de benzeno, detectado no PM-04, se encontra delimitada horizontalmente pelos poços PM-31, PM-35, PM-36 e PM-37. Verticalmente, se encontra delimitada pelo poço profundo PMN-04, no qual não foi verificada concentração de benzeno acima do limite de detecção laboratorial.

A substância etilbenzeno, detectada no PM-06, se encontra delimitada horizontalmente pelos poços PM-05, PM-18, PM-19, PM-20 e PM-34. Verticalmente, se encontra delimitada pelo poço profundo PMN-06.

A presença de Metano foi detectada, acima do limite de quantificação laboratorial, em 12 poços de monitoramento na AI-02 e AI-03, sendo a maior concentração no PMN-03 com 3,35 µg/L.

Na amostragem dos 10 poços de monitoramento de água subterrânea na área AI-01, não se detectou substâncias da Lista CETESB (2014) com concentrações acima do valor de intervenção. Quanto à presença de Metano na água subterrânea, foram

detectados acima do limite de quantificação laboratorial em 9 poços de monitoramento, sendo a maior concentração no AI-01-PM-27 com 2,75 µg/L.

A amostragem dos 20 poços de monitoramento instalados no Parque Tietê para estudo de *background* detectou a presença de Bário no PMN-25 acima do valor de intervenção CETESB (2014). Com relação aos compostos orgânicos, não foram detectadas concentrações acima dos valores de intervenção CETESB (2014). A presença de Metano foi detectada em todos os poços de monitoramento instalados, sendo a maior concentração identificada no PM-25 com 4,75 µg/L.

A medição de metano nos 37 poços de monitoramento de gases no subsolo identificou a presença de metano em 12 poços sendo que em 06 poços (PMG-125A, PMG-125B, PMG-131A, PMG-131B, PMG-136B e PMG-137A) foram verificadas concentrações de metano entre o limite inferior de explosividade – 5% v/v e 30% v/v, e em 02 poços, PMG-142A e PMG-142B, as concentrações (V/V) de metano, ficaram acima de 30% V/V, 50,4 v/v e 54,7 v/v, respectivamente. Ressalta-se que as concentrações utilizadas para a análise são as concentrações estabilizadas, obtidas após 30 minutos de medição.

A avaliação de risco à saúde humana para as substâncias detectadas acima dos limites de intervenção, e que foram delimitadas com a coleta de novas amostras em seu entorno, foi realizada para os seguintes cenários potenciais futuros: comercial/industrial, sendo os principais receptores os usuários do Campus (alunos, funcionários e visitantes) e trabalhadores de obra civil, por um período máximo de 12 meses; e para o cenário hipotético futuro: Residencial Urbano.

Com relação à contaminação no solo superficial por Benzo(a)pireno identificado apenas em um ponto, há possibilidade de risco à residentes crianças e adultos para contato dérmico e ingestão acidental de solo no cenário hipotético futuro. Para o cenário comercial/industrial e trabalhadores de obra civil, as planilhas de risco da CETESB não apresentaram riscos.

Com relação à contaminação na água subterrânea foram identificados riscos no cenário futuro hipotético residencial para: contato dérmico, em adultos *on site*, risco carcinogênico para benzeno e etilbenzeno; ingestão, em crianças e adultos *on site*, risco carcinogênico para benzeno e etilbenzeno e não carcinogênico para benzeno (apenas crianças) e cobalto. Salieta-se que atualmente não existem poços de abastecimento na área. Para residentes *off site*, identificou-se risco não

carcinogênico para ingestão de água subterrânea devido a presença de cobalto. No entanto tal risco é descaracterizado, uma vez que as plumas de contaminação estão restritas aos limites internos da área em estudo, e, o sentido de fluxo preferencial é em direção à Rodovia Ayrton Senna, onde não existem residências nem moradores.

Para trabalhadores comercial/industrial, foram identificados riscos potenciais futuros para ingestão acidental de água subterrâneas para cobalto, benzeno e etilbenzeno. Para os trabalhadores de obras civis foi identificado risco potencial futuro de ingestão de água para cobalto.

De acordo com os resultados obtidos no estudo atual de Investigação Detalhada e a Avaliação de Risco à Saúde Humana, apesar de ter detectado substâncias com concentrações acima dos valores de intervenção no solo e na água subterrânea, não foi identificado risco à saúde humana inaceitável para as condições atuais do terreno.

A modelagem numérica de fluxo de água subterrânea e de transporte dos contaminantes Bário, Benzeno, Cobalto e Etilbenzeno na zona saturada do aquífero livre mostrou que esses compostos fluem em fase dissolvida, por advecção, no interior do aquífero raso, e devem migrar em um futuro próximo de acordo com dois cenários distintos de transporte: o Cenário 1, considerado o mais provável e o Cenário 2, mais conservador. Os resultados destas simulações mostram que em futuro próximo, quando há evolução significativa das plumas de contaminação ocorre a diminuição das concentrações observadas e diminuição da área impactada. Apesar da existência de fluxos descendentes, as plumas não atingem as porções mais profundas do aquífero com concentrações acima dos limites de intervenção da CETESB, em função especialmente do processo natural de atenuação natural. Os cálculos do movimento de massa para o Córrego USP e por sob ele indicam que a evasão de Benzeno e Etilbenzeno da área é insignificante, diversamente dos inorgânicos que apresentam uma evasão significativa para o Córrego, no caso do Cobalto, e por sob ele, no caso do Bário.

A análise de todas as informações coletadas neste estudo ambiental permite concluir pela ausência de risco à saúde humana para o cenário potencial futuro, Comercial, ou seja, edifícios a serem utilizados pela Universidade, alunos e professores. O principal risco potencial encontrado para o uso declarado é de ingestão de água subterrânea, porém, não terá sua via de exposição completada, uma vez que não

está previsto o uso de água subterrânea do aquífero freático local para qualquer finalidade, que deve ser restringido.

Ainda assim, com vistas a reforçar a segurança dos futuros usuários, deverá ser estabelecida medida de controle institucional restringindo o uso da água subterrânea do aquífero freático.

Com relação ao solo impactado por TPH, e considerando-se o uso futuro Comercial, não é considerado obrigatório a remoção desse material, pois, além da via de exposição com esse material não se concretizar pois o mesmo encontra-se a 2,00 metros de profundidade, o TPH encontrado em 4 pontos, S-336, S-403, S-438 e S-439, não é volátil o suficiente para causar risco de inalação em ambiente fechado.

Recomenda-se o Monitoramento para Encerramento dos poços impactados detectados, visando a confirmação da ausência de risco aos futuros trabalhadores comerciais e industriais *on site*.

Caso o uso futuro pretendido seja alterado para uso Residencial Urbano, recomenda-se, adicionalmente, a remoção de solo impactado por Benzo(a)pireno, em um único ponto e TPH, em quatro pontos, visando eliminar riscos detectados de contato dérmico e ingestão de solo impactado. O Plano de intervenção é apresentado no Capítulo 9.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS	21
1.2	LOCALIZAÇÃO.....	22
	Figura 1 – Localização da área de estudo	23
1.3	LIMITAÇÕES	24
1.4	ESTUDOS ANTERIORES REALIZADOS	25
	Figura 2 – Localização de sondagens de estudos anteriores – AI-02 e AI-03	27
2.	ESCOPO DO PROJETO	28
2.1	INVESTIGAÇÃO DETALHADA	28
	Fluxograma 1 – Etapas da Investigação Ambiental Detalhada	30
2.2	ESCOPO TÉCNICO DOS SERVIÇOS.....	31
2.2.1	ÁREAS AI-02 E AI-03.....	31
2.2.2	PARQUE TIETÊ.....	31
2.2.3	ÁREA AI-01.....	32
2.2.4	ESCRITÓRIO E VISTORIAS DE CAMPO	32
2.3	REFERÊNCIAS NORMATIVAS	34
3.	CARACTERIZAÇÃO MEIO FÍSICO E ENTORNO.....	35
3.1	CLIMA	35
3.2	GEOMORFOLOGIA	36
3.3	GEOLOGIA REGIONAL	36
	Figura 3 – Mapa Geológico Regional	39
3.4	HIDROGEOLOGIA REGIONAL	40
3.5	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	41
	Tabela 3.5-1 - Processos da CETESB na área de estudo e em áreas próximas.....	43
	Figura 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....	46
4.	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS E DOS MÉTODOS EMPREGADOS	47
4.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO.....	47
	Figura 5 – Divisão da Gleba 1 conforme termo de referência do edital.	48
4.2	RECONHECIMENTO DA ÁREA PARA REALIZAÇÃO DE TRABALHO SEGURO.....	49
	Figura 6 – Extensão subterrânea da tubulação Comgás	50
4.3	PLANO DE INVESTIGAÇÃO.....	51
4.3.1	DIVISÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM UNIDADES DE DECISÃO.....	51
	Tabela 4.3.1-1 – Nomenclatura das sondagens e unidades de decisão (UD).....	52

	Figura 7 – Áreas AI-02 e AI-03, Unidades de decisão e sondagens	53
4.3.2	METODOLOGIA PARA COLETA DE SOLO POR MÉTODO MULTIINCREMENTO.....	54
4.4	REALIZAÇÃO DE SONDAgens	55
	Figura 8 – Closed Piston Soil Sampling.....	55
	Figura 9 – Liner contendo amostra de solo e retirada da ponteira.	56
	Figura 10 – Cortador de Liners utilizado e método de corte.....	56
	Figura 11 – Coleta de amostras compostas de uma Unidade de Decisão.....	59
	Tabela 4.4-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.	60
	Tabela 4.4-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.	63
	Figura 12 – Localização das sondagens para delimitação de TPH no solo.....	64
4.4.1	ANÁLISE POR VARREDURA MS/GC	65
	Tabela 4.4.1-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.	66
4.4.2	AMOSTRAGEM DE SOLO PARA ANÁLISE GEOTÉCNICA.....	67
	Figura 13 – Cilindro para coleta de amostra indeformada	67
	Tabela 4.4.2-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.	68
4.4.3	AMOSTRAGEM DE SOLO PARQUE TIETÊ.....	68
	Tabela 4.4.3-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.	69
4.5	INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	70
	Tabela 4.5-1 – Principais aspectos construtivos dos poços de monitoramento.	71
	Figura 14 – Localização dos poços de monitoramento AI-02 e AI-03	73
	Tabela 4.5-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de água subterrânea e a numeração da cadeia de custódia – AI-02 e AI-03.....	75
4.5.1	INSTALAÇÃO DE POÇOS NO PARQUE TIETÊ	76
	Tabela 4.5.1-1 – Principais aspectos construtivos dos poços de monitoramento do Parque Tietê.....	76
	Tabela 4.5.1-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de água subterrânea e a numeração da cadeia de custódia – Parque Tietê.	77
	Figura 15 – Localização dos poços de monitoramento – Parque Tietê	78
4.5.2	AMOSTRAGEM DE POÇOS NA ÁREA AI-01.....	79
	Tabela 4.5.2-1 – Principais aspectos construtivos dos poços de monitoramento da Área AI-01.	79
	Tabela 4.5.2-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de água subterrânea e a numeração da cadeia de custódia – AI-01.	80
	Figura 16 – Localização dos poços AI-01	81
4.6	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	82
4.7	ANÁLISES QUÍMICAS	83
4.8	PROCEDIMENTOS PARA GARANTIA DE QUALIDADE	86
	Tabela 4.8-1 – Amostras de garantia de qualidade.....	86
4.9	ENSAIOS DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	87
	Figura 17 – Variação de coluna d’água no método de Slug Test.....	89
	Tabela 4.9-1 – Resultados de ensaios de Condutividade Hidráulica.	89
4.10	POÇOS DE MONITORAMENTO DE GASES NO SOLO (PMG)	90

4.10.1	INSTALAÇÃO DOS POÇOS MONITORAMENTO DE GASES	90
	Figura 18 – Instalação dos poços de monitoramento de gases no solo	91
	Tabela 4.10.1-1 – Localização e características construtivas dos Poços de Monitoramento de Gases.....	92
	Figura 19 – Localização dos Poços de Monitoramento de Gases	93
4.10.2	TESTE DE ESTANQUEIDADE	94
	Tabela 4.10.2-1 – Resultados dos Testes de Estanqueidade com Gás Hélio nos Poços Monitoramento de Gases (PMGs).....	95
	Figura 20 – Teste de estanqueidade – Poços de Monitoramento de Gases.....	96
4.10.3	PURGA CONVENCIONAL COM TESTE DE ESTANQUEIDADE E MONITORAMENTO DE PARÂMETROS DE GASES	97
	Figura 21 – Monitoramento de parâmetros com Landtec nos PMGs.....	98
4.11	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO.....	99
	Figura 22 – Levantamento Topográfico da Área de Estudo.....	100
	Figura 23 – Comparação com levantamento topográfico pré aterro (Prefeitura de SP 2004).....	101
5.	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	102
5.1	GEOLOGIA LOCAL.....	102
	Figura 24 – Sobreposição de Imagem Aérea de 2009 e Sondagens.....	104
	Figura 25 – Sobreposição de Imagem Aérea de 2011 e Sondagens.....	105
	Figura 26 – Sobreposição de Imagem Aérea de 2012 e Sondagens.....	106
	Figura 27 – Sobreposição de Imagem Aérea de 2016 e Sondagens.....	107
	Figura 28 – Seção Geológica A-A'.....	108
	Figura 29 – Seção Geológica B-B'.....	109
5.2	HIDROGEOLOGIA LOCAL	110
	Tabela 5.2-1 – Cotas da Boca do Tubo Geomecânico, Níveis d'água e Cargas Hidráulicas – AI-01, AI-02 e AI-03.....	111
	Tabela 5.2-2 – Cotas da Boca do Tubo Geomecânico, Níveis d'água e Cargas Hidráulicas – Parque Tietê	112
	Tabela 5.2-3 – Diferença de cargas hidráulicas em poços rasos e profundos das áreas AI-02 e AI-03.....	113
	Tabela 5.2-4 – Velocidade, condutividade e gradiente hidráulico.	114
	Figura 30 – Mapa Potenciométrico Áreas AI-01, AI-02 e AI-03 - Poços Rasos.....	115
	Figura 31 – Mapa Potenciométrico Áreas AI-01, AI-02 e AI-03 - Poços Profundos.....	116
	Figura 32 – Mapa Potenciométrico Parque Tietê - Poços Rasos.....	117
	Figura 33 – Mapa Potenciométrico Parque Tietê - Poços Profundos	118
	Tabela 5.2-5 – Poços cadastrados no DAEE próximos à área de estudo.	119
	Tabela 5.2-6 – Poços cadastrados no SIAGAS próximos à área de estudo.....	119
	Figura 34 – Localização dos poços de captação de água subterrânea no entorno da área.....	121
5.2.1	CARACTERIZAÇÃO DO FLUXO VERTICAL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	122
	Tabela 5.2.1-1 – Caracterização de fluxo vertical (AI-01, AI-02 e AI-03).	122
	Tabela 5.2.1-2 – Caracterização de fluxo vertical (Parque Tietê).....	122
	Figura 35 – Seção Hidrogeológica C-C'	123
	Figura 36 – Seção Hidrogeológica D-D'	124
	Figura 37 – Seção Hidrogeológica E-E'	125
5.3	RESULTADOS ANALÍTICOS.....	126
5.3.1	SOLO	126

Tabela 5.3.1-1 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (0,30 m – Metais).....	128
Tabela 5.3.1-2 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (1,00 m – Metais).....	130
Tabela 5.3.1-3 – Principais Resultados analíticos – Solo multiincremento (SVOC).....	132
Tabela 5.3.1-4 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (PCBs).....	133
Tabela 5.3.1-5 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (POC).....	134
Tabela 5.3.1-6 – Principais resultados analíticos – Solo (VOC).....	135
Tabela 5.3.1-7 – Principais resultados analíticos – Solo (TPH <i>fingerprint</i>).....	136
Tabela 5.3.1-8 – Principais resultados analíticos – Amostras de solo (SVOC-TIC).....	137
Tabela 5.3.1-9 – Resultados analíticos – Amostras de solo (VOC-TIC).....	138
Tabela 5.3.1-10 – Resultados analíticos – Solo (Geotecnia).....	139
5.3.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	142
5.3.2.1 ÁREAS AI-02 E AI-03.....	142
Tabela 5.3.2.1-1 – Parâmetros Físico-Químicos medidos na amostragem.....	142
Tabela 5.3.2.1-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Totais).....	144
Tabela 5.3.2.1-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Dissolvidos).....	147
Tabela 5.3.2.1-4 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (SVOC).....	150
Tabela 5.3.2.1-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (VOC).....	150
Tabela 5.3.2.1-6 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metano).....	151
Tabela 5.3.2.1-7 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Físico-químicos).....	152
5.3.2.2 ÁREA AI-01.....	156
Tabela 5.3.2.2-1 – Parâmetros Físico-Químicos medidos na amostragem.....	156
Tabela 5.3.2.2-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Totais).....	157
Tabela 5.3.2.2-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Dissolvidos).....	158
Tabela 5.3.2.2-4 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metano).....	159
Tabela 5.3.2.2-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Físico-químico).....	160
5.4 DELIMITAÇÃO DE CONTAMINANTES.....	161
5.4.1 SOLO.....	161
Figura 38 – Delimitação TPH no solo.....	163
5.4.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	164
Figura 39 – Pluma Delimitação Benzeno.....	166
Figura 40 – Pluma Delimitação Etilbenzeno.....	167
Figura 41 – Pluma Delimitação Bário.....	168
Figura 42 – Pluma Delimitação Cobalto.....	169
5.5 AVALIAÇÃO DE <i>BACKGROUND</i> PARQUE ECOLÓGICO TIETÊ.....	170
5.5.1 SOLO.....	170
Tabela 5.5.1-1 – Resultados analíticos – Solo Parque Tietê (Metais).....	171
5.5.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	172
Tabela 5.5.2-1 – Parâmetros Físico-Químicos medidos na amostragem.....	172
Tabela 5.5.2-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metais Totais).....	175
Tabela 5.5.2-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metais Dissolvidos).....	177
Tabela 5.5.2-4 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metano).....	179
Tabela 5.5.2-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Físico-químicos).....	180

5.6	RESULTADOS ANALÍTICOS DOS PROCEDIMENTOS DE GARANTIA DE QUALIDADE.....	182
	Tabela 5.6-1 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Metais Totais	182
	Tabela 5.6-2 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Metais Dissolvidos	183
	Tabela 5.6-3 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – VOC	183
	Tabela 5.6-4 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Metano.....	184
	Tabela 5.6-5 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Físico químicos .	184
5.7	RESULTADOS MEDIÇÃO DE PARÂMETROS NOS POÇOS DE MONITORAMENTO DE GASES	187
	Figura 43 – Gráfico de representação qualitativa da concentração dos gases em corpo de resíduo	190
	Figura 44 – Fluxograma de avaliação estratificada	192
	Tabela 5.7-1 – Matriz de decisão para Metano no Gás do Solo e Ar em Ambientes fechados (adapatada ASTM, 2016).....	193
	Tabela 5.7-2 – Concentração Volumétrica de CH ₄ dos poços de gás após estabilização.	196
	Figura 45 – Mapa Medição de Parâmetros nos Poços de Monitoramento de Gases – rasos	202
	Figura 46 – Mapa Medição de Parâmetros nos Poços de Monitoramento de Gases – Profundos	203
6.	ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO	204
6.1	METODOLOGIA ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO – SOLO	204
6.2	METODOLOGIA ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO – ÁGUA SUBTERRÂNEA	206
6.3	RESULTADOS ESTUDO HIDROQUÍMICO – SOLO	207
6.3.1	RESULTADOS SOLO – COMPOSTOS ORGÂNICOS	207
	Tabela 6.3.1-1 – Ocorrências de parâmetros orgânicos nas amostras de solo das áreas investigadas.	208
6.3.2	RESULTADOS SOLO – METAIS	208
	Tabela 6.3.2-1 – Ocorrências de metais com concentrações acima dos valores de referência nas amostras de solo.....	208
	Tabela 6.3.2-2 – Comparação estatística das concentrações de metais entre as amostras de solo background e as coletadas nas áreas investigadas da USP Leste.	209
	Figura 47 – Gráficos de correlação entre metais traço e metais abundantes (Fe e Al)	211
	Tabela 6.3.2-3 – Amostras de solo com possibilidade de contaminação antrópica.....	212
6.4	RESULTADOS ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO – ÁGUA SUBTERRÂNEA	212
6.4.1	COMPOSTOS ORGÂNICOS	213
	Tabela 6.4.1-1 – Ocorrências de parâmetros orgânicos nas amostras das áreas investigadas	213
6.4.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (PH, EH, CE, OD)	214
	Tabela 6.4.2-1 – Ocorrências de parâmetros orgânicos nas amostras das áreas investigadas	214
	Figura 48 – Gráficos boxplot mostrando a relação da CE, pH e OD entre as amostras <i>background</i> (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (Al-01, Al-02 e Al-03).....	215
6.4.3	MATÉRIA ORGÂNICA DISSOLVIDA (COD, DBO, DQO E METANO)	216
	Tabela 6.4.3-1 – Análise estatística básica dos parâmetros orgânicos.....	216

	Figura 49 – Gráficos boxplot mostrando a relação dos parâmetros indicadores de matéria orgânica (MO) dissolvida entre as amostras background (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03).	217
6.4.4	HIDROQUÍMICA DAS ESPÉCIES MAIORES	217
	Tabela 6.4.4-1 – Análise do balanço iônico das amostras de água subterrânea com erros acima do limite do erro admissível.	218
	Tabela 6.4.4-2 – Análise do balanço iônico das amostras de água subterrânea com erros próximos do limite do erro admissível.	219
	Figura 50 – Diagramas de Piper para as amostras background (tons de azul) e para as amostras da USP Leste (AI-02 e AI-03: vermelho e laranja; AI-01: rosa).	220
	Tabela 6.4.4-3 – Análise estatística básica dos cátions e ânions maiores.	221
	Figura 51 – Gráficos boxplot mostrando a relação dos íons maiores (Na, K, Ca, Mg, HCO ₃ , Cl, SO ₄ , S, NO ₃ , NH ₄ , Norg e o N-kjeldhal) entre as amostras background (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03).	224
6.4.5	METAIS	224
	Tabela 6.4.5-1 – Ocorrências de metais com concentrações acima dos valores de intervenção nas amostras das áreas investigadas.	225
	Figura 52 – Gráficos boxplot mostrando a relação dos metais entre as amostras <i>background</i> (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03)...	227
6.5	MODELAGEM GEOQUÍMICA	228
6.5.1	SÍNTESE DO MODELO HIDROGEOQUÍMICO CONCEITUAL	228
6.5.2	CÁLCULO DO IS ATRAVÉS DA MODELAGEM GEOQUÍMICA	232
	Tabela 6.5.2-1 – Ocorrências de metais com concentrações acima dos valores de intervenção.....	236
6.6	CONCLUSÕES DO ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO.....	239
6.6.1	ESTUDO HIDROQUÍMICO.....	239
6.6.2	MODELO HIDROGEOQUÍMICO.....	240
7.	MODELAGEM MATEMÁTICA NUMÉRICA DE EVOLUÇÃO DAS PLUMAS... 242	
7.1	MODELO DE FLUXO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	242
7.1.1	DEFINIÇÕES INICIAIS	242
7.1.1.1	ESTACIONARIEDADE DO FLUXO.....	242
7.1.1.2	CONDIÇÕES DE CONTORNO E ÁREA MODELADA.....	243
7.1.1.3	DIMENSÕES VERTICAIS DO MODELO	244
7.1.2	PARÂMETROS DO MODELO.....	244
7.1.2.1	CAMADAS LITOLÓGICAS E CONDUTIVIDADES HIDRÁULICAS	244
	Tabela 7.1.2.1-1 – Descrição das Zonas Hidráulicas.....	245
7.1.2.2	DISCRETIZAÇÃO ESPACIAL.....	245
7.1.2.3	RECARGA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO	245
7.1.3	PROCESSAMENTO DO MODELO	246
7.1.4	ANÁLISE DA QUALIDADE DO MODELO	246
7.1.5	CALIBRAÇÃO.....	246
	Tabela 7.1.5-1 – Valores dos parâmetros que calibram o modelo.....	247
7.1.6	RESULTADOS DO MODELO DE FLUXO.....	248

7.2	MODELO DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES	249
7.2.1	DEFINIÇÕES INICIAIS	249
7.2.1.1	ESTUDO DE CENÁRIO	249
7.2.1.2	ÁREA MODELADA NO TRANSPORTE	250
7.2.1.3	CONDIÇÕES DE CONTORNO	250
7.2.1.4	DISCRETIZAÇÃO ESPACIAL	250
7.2.1.5	CONDIÇÕES INICIAIS PARA A CALIBRAÇÃO DOS MODELOS DE TRANSPORTE	250
7.2.1.6	POROSIDADES EFETIVAS E DENSIDADES APARENTES.	251
	Tabela 7.2.1.6-1 – Valores de porosidade efetiva e densidade aparente empregados na modelagem	251
7.2.1.7	DISPERSIVIDADES	252
7.2.1.8	COEFICIENTES DE PARTIÇÃO E TAXAS DE DEGRADAÇÃO	252
7.2.2	PROCESSAMENTO DO MODELO	253
7.2.2.1	PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO	253
7.2.2.2	ANÁLISE DA QUALIDADE DO MODELO	253
7.2.3	PREVISÕES	254
7.2.3.1	EVOLUÇÃO DAS PLUMAS NO CENÁRIO 1	254
7.2.3.2	EVOLUÇÃO DAS PLUMAS NO CENÁRIO 2	255
7.2.3.3	APORTE DE MASSA NO CÓRREGO USP	255
	Tabela 7.2.3.3-1 – Aporte anual de massa de contaminantes (em g/ano) que atinge o Córrego USP	256
	Tabela 7.2.3.3-2 – Massa anual de contaminantes (em g/ano) que deixa a área modelada por sob o Córrego USP	256
	Tabela 7.2.3.3-3 – Concentrações esperadas pela diluição das massas de contaminantes no volume de água subterrânea que aporta o Córrego USP em µg/L.	257
7.3	CONCLUSÕES DA MODELAGEM MATEMÁTICA.....	257
8.	AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA.....	258
8.1	IDENTIFICAÇÃO DE FONTES POTENCIAIS E MEIO IMPACTADO	259
	Tabela 8.1-1 – Características do Meio Físico utilizadas na avaliação de risco na área de estudo	261
8.2	RECEPTORES CONSIDERADOS	261
8.3	PARÂMETROS QUÍMICOS DE INTERESSE.....	262
	Tabela 8.3-1 – Concentrações utilizadas no cálculo da análise de risco – solo.....	262
	Tabela 8.3-2 – Concentrações utilizadas no cálculo da análise de risco – Água.....	262
8.4	VIAS DE EXPOSIÇÃO	263
	Tabela 8.4-1 – Modelo Conceitual de Exposição - Residentes (crianças e adultos).....	265
	Tabela 8.4-2 – Modelo Conceitual de Exposição – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial).....	266
	Tabela 8.4-3 – Modelo Conceitual de Exposição – Trabalhadores de Obras Civis – Solo Superficial.....	267
8.5	DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO ADOTADOS	268

8.6	RESULTADOS OBTIDOS	269
8.6.1	CENÁRIOS 1 E 2 – RESIDENCIAL (ADULTOS E CRIANÇAS) – <i>ON SITE E OFF SITE</i>	269
	Tabela 8.6.1-1 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Criança – Solo Superficial	269
	Tabela 8.6.1-2 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Adulto – Solo Superficial	270
	Tabela 8.6.1-3 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Criança – Aquífero Freático – Nível Raso	271
	Tabela 8.6.1-4 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Adulto – Aquífero Freático – Nível Raso	272
8.6.2	CENÁRIOS 3 E 4 – TRABALHADORES EFETIVOS– <i>ON SITE E OFF SITE</i>	273
	Tabela 8.6.2-1 – Avaliação de Risco – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Solo Superficial	273
	Tabela 8.6.2-2 – Avaliação de Risco – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Aquífero Freático – Nível Raso	274
8.6.3	CENÁRIO 5 – TRABALHADORES DE OBRAS CIVIS – <i>ON SITE</i> – SOLO SUPERFICIAL	275
	Tabela 8.6.3-1 – Avaliação de Risco – Trabalhadores de Obras Civis – Solo Superficial	275
	Tabela 8.6.3-2 – Avaliação de Risco – Trabalhadores de Obras Civis – Aquífero Freático – Nível Raso	276
8.7	INTERPRETAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE RISCO	277
8.8	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA A ÁREA (CMA)	278
8.8.1	CENÁRIOS 1 E 2 – RESIDENCIAL (ADULTOS E CRIANÇAS) – <i>ON SITE</i>	280
	Tabela 8.8.1-1 – CMAs – Residencial Urbano – Criança – Solo Superficial	280
	Tabela 8.8.1-2 – CMAs – Residencial Urbano – Adulto – Solo Superficial	281
	Tabela 8.8.1-3 – CMAs – Residencial Urbano – Criança – Aquífero Freático – Nível Raso	282
	Tabela 8.8.1-4 – CMAs – Residencial Urbano – Adulto – Aquífero Freático – Nível Raso	283
8.8.2	CENÁRIOS 3 E 4 – TRABALHADORES EFETIVOS– <i>ON SITE E OFF SITE</i>	284
	Tabela 8.8.2-1 – CMAs – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Solo Superficial	284
	Tabela 8.8.2-2 – CMAs – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Aquífero Freático – Nível Raso	285
8.8.3	CENÁRIO 5 – TRABALHADORES DE OBRAS CIVIS – <i>ON SITE</i> – SOLO SUPERFICIAL	286
	Tabela 8.8.3-1 – CMAs – Trabalhadores de Obras Civis – Solo Superficial	286
	Tabela 8.8.3-2 – CMAs – Trabalhadores de Obras Civis – Aquífero freático – Nível raso	287
	Tabela 8.8-1 – Valores máximos encontrados e CMAs calculados (mg/L)	288
	Figura 53 – Mapa de Risco à Saúde Humana – Solo	290
	Figura 54 – Mapa de Risco à Saúde Humana – Água Subterrânea	291
9.	PLANO DE INTERVENÇÃO.....	292
	Tabela 9-1 – Cenários de Risco à Saúde Humana e Medidas de Intervenção	294
	Figura 55 – Mapa de Restrição do uso da água subterrânea e Intervenção de acordo com o uso futuro	295
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	296
11.	BIBLIOGRAFIA	299

ANEXOS

ANEXO I – MÍDIA DIGITAL - CD	I
ANEXO II – ART (ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA)	II
ANEXO III – DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE	III
ANEXO IV – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO DA ÁREA	IV
ANEXO V – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO <i>PHOCHECK TIGER</i> E <i>LANDTEC</i>	V
ANEXO VI – PERFIS DE SONDAGENS E POÇOS DE MONITORAMENTO	VI
ANEXO VII – RELATÓRIO DE COLETA – SOLO	VII
ANEXO VIII – CADEIA DE CUSTÓDIA E <i>CHECK LIST</i> LABORATORIAL – SOLO	VIII
ANEXO IX – TESTE DE ESTANQUEIDADE E MEDIÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO DE GASES (PMGs)	IX
ANEXO X – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO - MULTIPARÂMETRO	X
ANEXO XI – RELATÓRIO DE COLETA – ÁGUA SUBTERRÂNEA	XI
ANEXO XII – CADEIA DE CUSTÓDIA E <i>CHECK LIST</i> LABORATORIAL – ÁGUA SUBTERRÂNEA	XII
ANEXO XIII – ENSAIO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA – <i>SLUG TEST</i>	XIII
ANEXO XIV – LAUDOS LABORATORIAIS – SOLO	XIV
ANEXO XV – LAUDOS LABORATORIAIS – ÁGUA SUBTERRÂNEA	XV
ANEXO XVI – GERENCIAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DE SOLO E RESÍDUOS	XVI
ANEXO XVII – ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO	XVII
ANEXO XVIII – MODELAGEM MATEMÁTICA	XVIII
ANEXO XIX – PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA	XIX
ANEXO XX – EQUIPE TÉCNICA	XX

1. INTRODUÇÃO

A **ConAm Consultoria Ambiental Ltda.** foi contratada pela **Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP** para realizar o estudo de “Investigação Ambiental Detalhada e Avaliação de Riscos Toxicológicos na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP”, com a finalidade de avaliar o potencial impacto ambiental que possa existir no solo e na água subterrânea (Concorrência USP nº 001/2015, Contrato nº11/2015), em área localizada à Av. Arlindo Bértio, nº 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo – SP.

O presente projeto foi desenvolvido segundo requisitos estabelecidos no “Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, na “Decisão de Diretoria 10-2006-C, de 26/01/2006 – Anexo VII – Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR)” e no “Procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas” (Decisão da Diretoria 103-2007-C-E de 22/06/2007) e no Guia para Avaliação do Potencial de Contaminação em Imóveis (2003), elaborados pela CETESB, visando obter ferramentas adequadas que auxiliem no gerenciamento ambiental da área em questão.

Além das referências supracitadas, o projeto baseou-se na norma brasileira ABNT NBR 15515-1 Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar, na ABNT NBR 15515-2 Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória e na ABNT NBR15515-3: Avaliação de Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3: Investigação Detalhada.

O **Anexo I** apresenta uma cópia do relatório completo em mídia eletrônica (CD) em formato PDF.

A ART – Anotação de Responsabilidade Técnica encontra-se no **Anexo II** e a Declaração de Responsabilidade no **Anexo III**.

O relatório fotográfico pode ser consultado no **Anexo IV**.

1.1 Objetivos

O presente estudo foi dimensionado de forma a identificar fontes potenciais ou suspeitas de contaminação e verificar a potencial existência de compostos impactantes no solo e na água subterrânea, oriundos de atividades históricas e



atuais desenvolvidas na área avaliada, com intuito de subsidiar as futuras tomadas de decisão em relação à infraestrutura a instalar no local, assim como às utilizações que possam ser dadas ao terreno.

A avaliação de risco tem como objetivo determinar quantitativamente os potenciais riscos gerados pelas áreas com anomalias ao ser humano, seus bens e ao ambiente do entorno.

1.2 Localização

A Área Capital – Leste (Usp Leste) localiza-se no terreno denominado Gleba 1, que foi subdividida em 3 áreas denominadas: AI-01, AI-02 e AI-03.

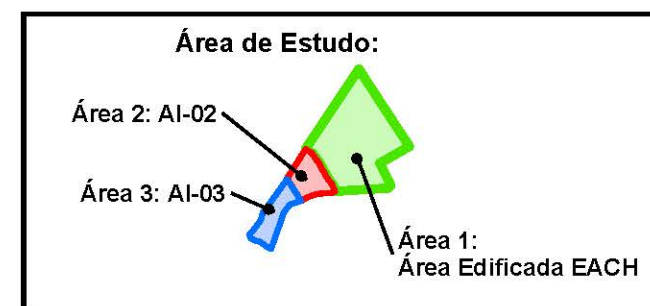
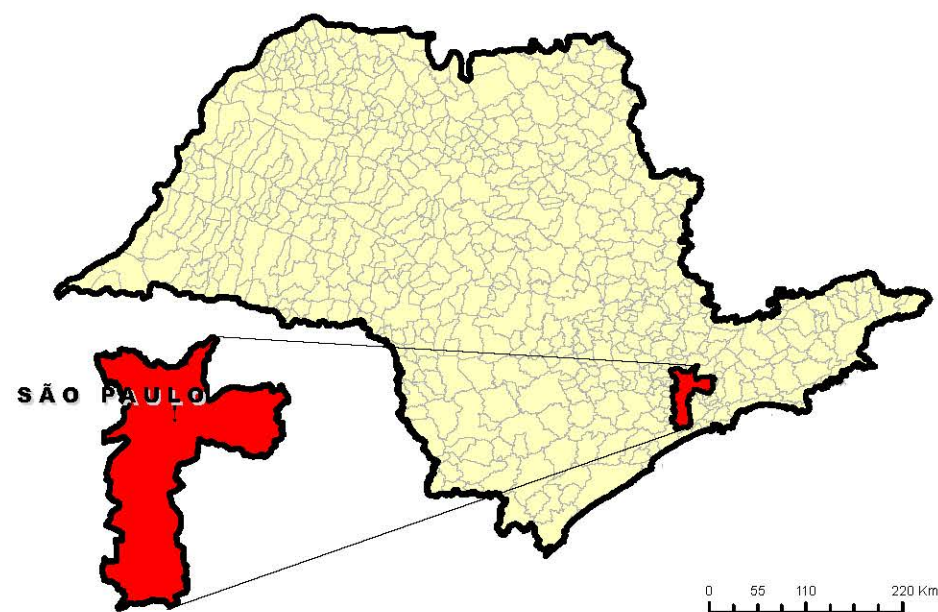
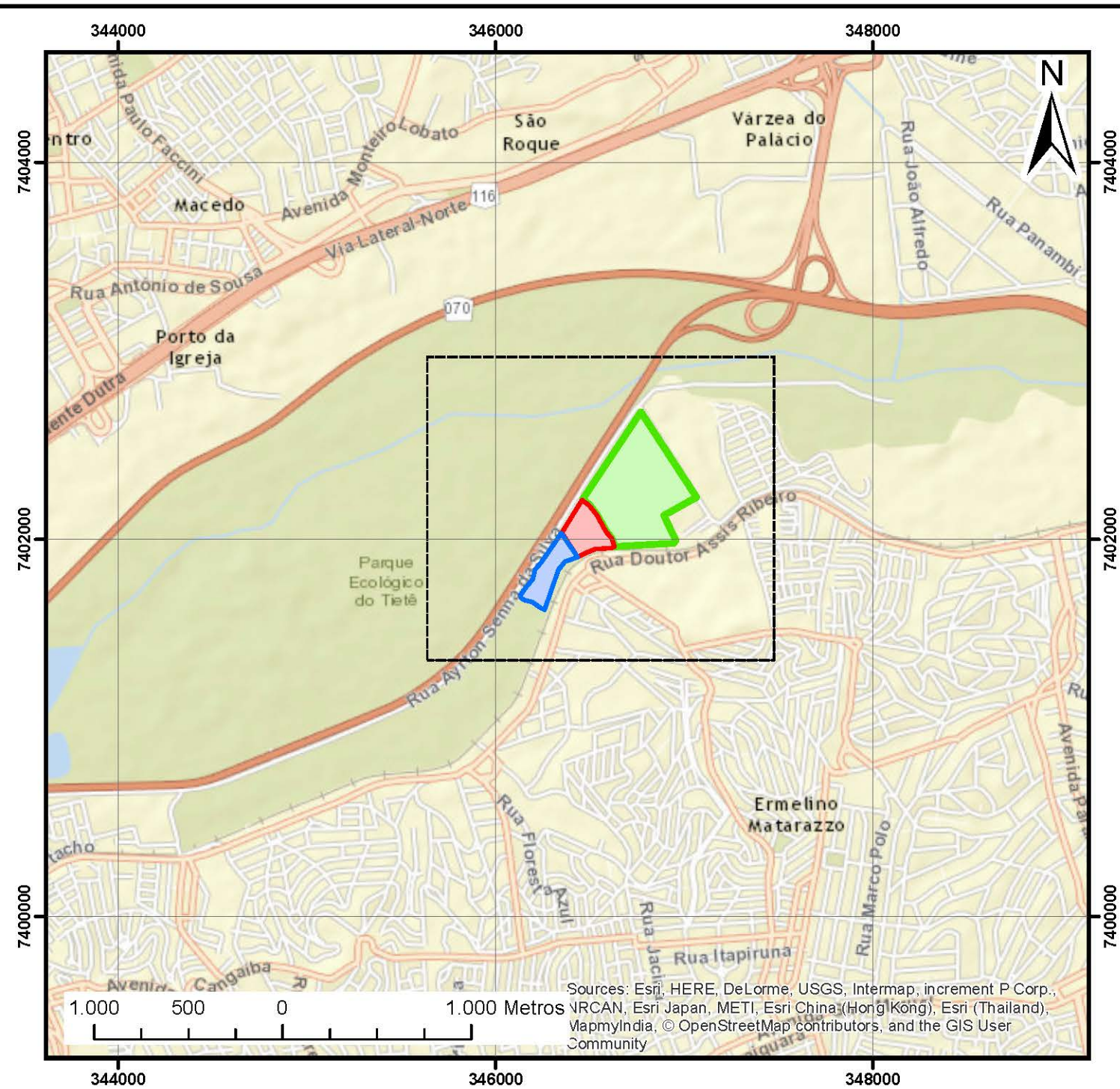
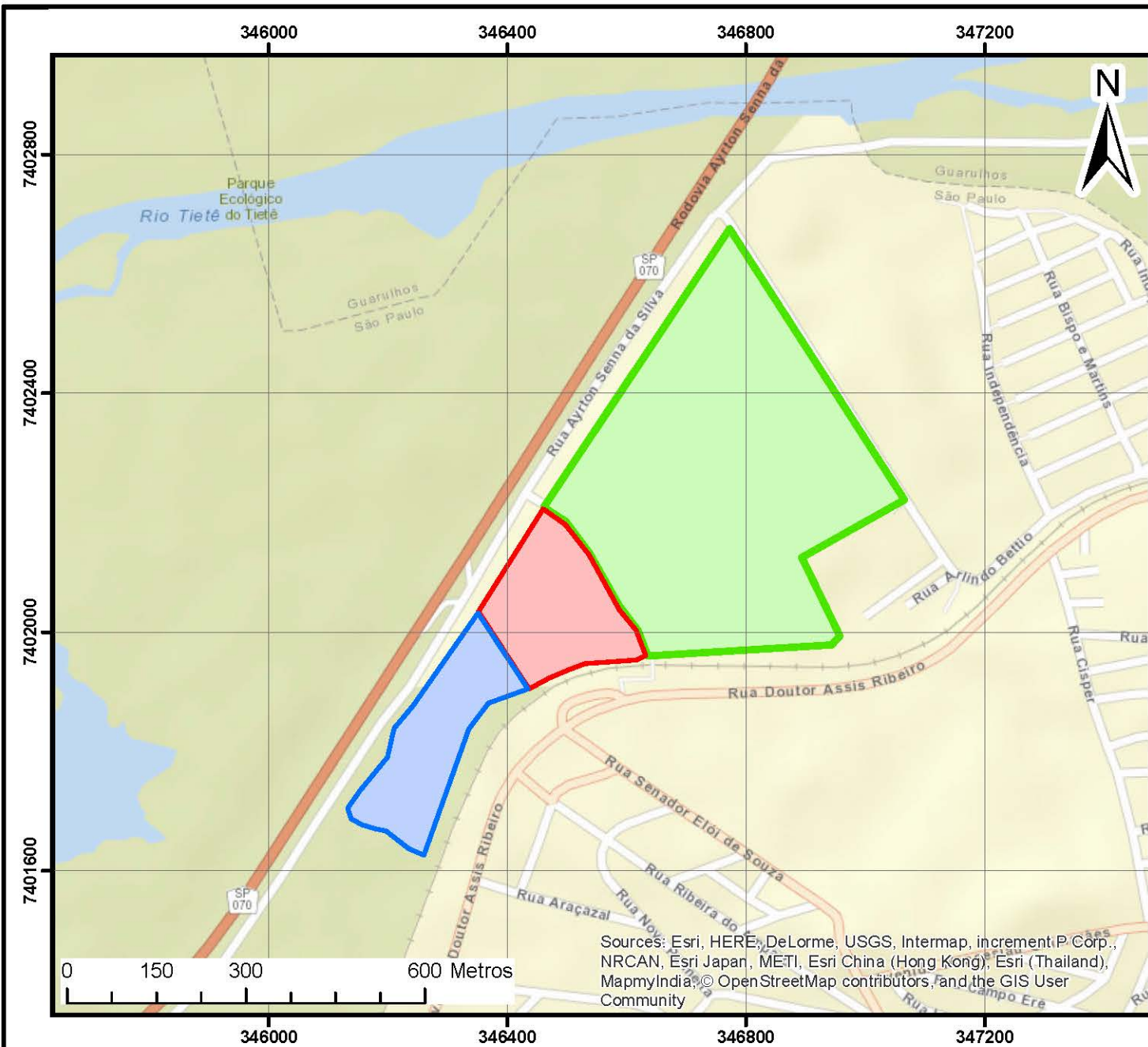
A área AI-01 é a única parcela edificada do terreno e é hoje ocupada pela EACH (Escola de Artes, Ciências e Humanidades) cujo endereço é Av. Arlindo Béttio nº 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo – SP.

Os terrenos objeto de estudo da Investigação Detalhada do presente relatório são as áreas não edificadas AI-02 e AI-03 que encontram-se cercadas e com acesso restrito.

A área AI-02 possui como referência uma chaminé de uma antiga olaria e a área AI-03 é transposta pelo traçado da Linha 13 – Jade da CPTM, ainda em construção.

As coordenadas geográficas da área de estudo, em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), são 23K – 346.365,39 m E / 7.401.940,96 m N (Datum SIRGAS 2000).

O mapa de localização da área pode ser observado na **Figura 1**.



	Título: Mapa de Localização da Área de Estudo	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 1	



1.3 Limitações

Este relatório constitui-se da documentação do trabalho realizado pela **ConAm Consultoria Ambiental Ltda.**, visando atender ao escopo determinado pela proposta enviada e demais deliberações realizadas durante os trabalhos em campo.

A execução dos serviços foi fundamentada na aplicação de julgamentos subjetivos profissionais, baseados nas informações documentadas e verbais apresentadas pelo contratante da presente proposta, com o grau de competência e cuidados exercidos, em circunstâncias similares, por consultores ambientais de boa reputação na área e nos períodos de realização dos trabalhos.

Os resultados, conclusões e recomendações apresentados neste relatório são limitados pelo grau de conhecimento e informações disponíveis, tempo e orçamento definidos em proposta. Nenhuma outra garantia, expressa ou inferida, é realizada com relação às opiniões profissionais incluídas neste relatório.

As opiniões apresentadas são baseadas apenas nas informações obtidas durante a execução dos trabalhos e na experiência profissional. Se outras informações que possam afetar as observações e conclusões se tornarem disponíveis, a ConAm solicita a oportunidade de revisar a informação, reavaliar os aspectos ambientais e modificar suas opiniões.

O relatório aqui apresentado estabelece a posição do Avaliado frente à questão ambiental, relacionando recomendações de boas práticas ambientais adequadas à realidade do meio ambiente e à legislação brasileira vigente. Os objetivos provenientes deste trabalho deverão ser implementados de maneira progressiva. A **ConAm** não assume qualquer responsabilidade pelas condições da propriedade do Avaliado, executadas por outras partes, antes ou depois das implementações advindas deste trabalho.

Este relatório é confidencial, preparado especificamente para a área da **Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP**, situada na área não edificada da USP Leste, não estando a **ConAm** autorizada a divulgar as informações aqui contidas a terceiros, sem autorização expressa do solicitante do presente projeto.



1.4 Estudos Anteriores Realizados

As áreas objeto de estudo deste relatório são os terrenos não edificados da USP Leste, denominados AI-02 e AI-03. A área edificada da USP Leste, AI-01, foi alvo de diversos estudos ambientais, desde o ano de 2005, e atualmente está em processo de monitoramento de gás metano.

A Memória de Reunião entre a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo (SEF/USP), ocorrida no dia 13/08/2013 na sede da CETESB, é um dos principais documentos utilizados para elaboração do Termo de Referência do Edital de Concorrência nº 01/2015. A ConAm Consultoria Ambiental sagrou-se vencedora do certame e assinou o Contrato nº 11/2015 no dia 19/06/2015.

Assim, o objetivo principal desta reunião foi definir as ações necessárias para atendimento às exigências técnicas referentes a áreas contaminadas, constantes da LO nº 2118/2012; investigação ambiental para atender ao Plano de expansão do campus da USP Leste.

Neste documento há uma cópia do Parecer Técnico nº 116/IPSS/12 onde consta a avaliação dos resultados da investigação confirmatória efetuada na área AI-02 onde houve disposição de material para aterro de origem duvidosa.

É importante ressaltar que o processo de licenciamento ambiental na área da USP Leste é instruído pelo processo SMA nº 13.579/2004. E as atividades e investigações relacionadas ao gerenciamento de áreas contaminadas no campus USP Leste é acompanhada por meio do Processo 30/00510/11.

O histórico da área de estudo (AI-02 e AI-03) está diretamente relacionada com a área edificada da USP Leste (AI-01), com a deposição de lodo removido dos cursos d'água do Rio Tietê, pelo DAEE, na década de 60, e posteriormente, a instalação do campus da Universidade de São Paulo, USP Leste, com a deposição de solo e/ou resíduos de origem desconhecida entre os anos de 2010 e 2011 que a CETESB define como “solo importado para aterro” ocorrido principalmente na área edificada AI-01 e na área não edificada AI-02.

Dessa forma, a empresa Servmar elaborou o “Relatório de Investigação Ambiental do Solo no Campus USP Leste – MA/11988/12BLS” (Servmar, 2012) onde consta a

avaliação da qualidade do solo depositado no campus por meio de uma campanha de amostragem em duas áreas distintas: na porção centro-sul do sítio entre os Blocos I1, I3, Módulo Inicial, Ginásio de Esportes e Acesso à Estação USP Leste da CPTM (Área de Aterro 1 – AI-01) e a área da porção sudoeste-oeste do sítio, área não ocupada ou edificada (Área de Aterro 2 – AI-02).

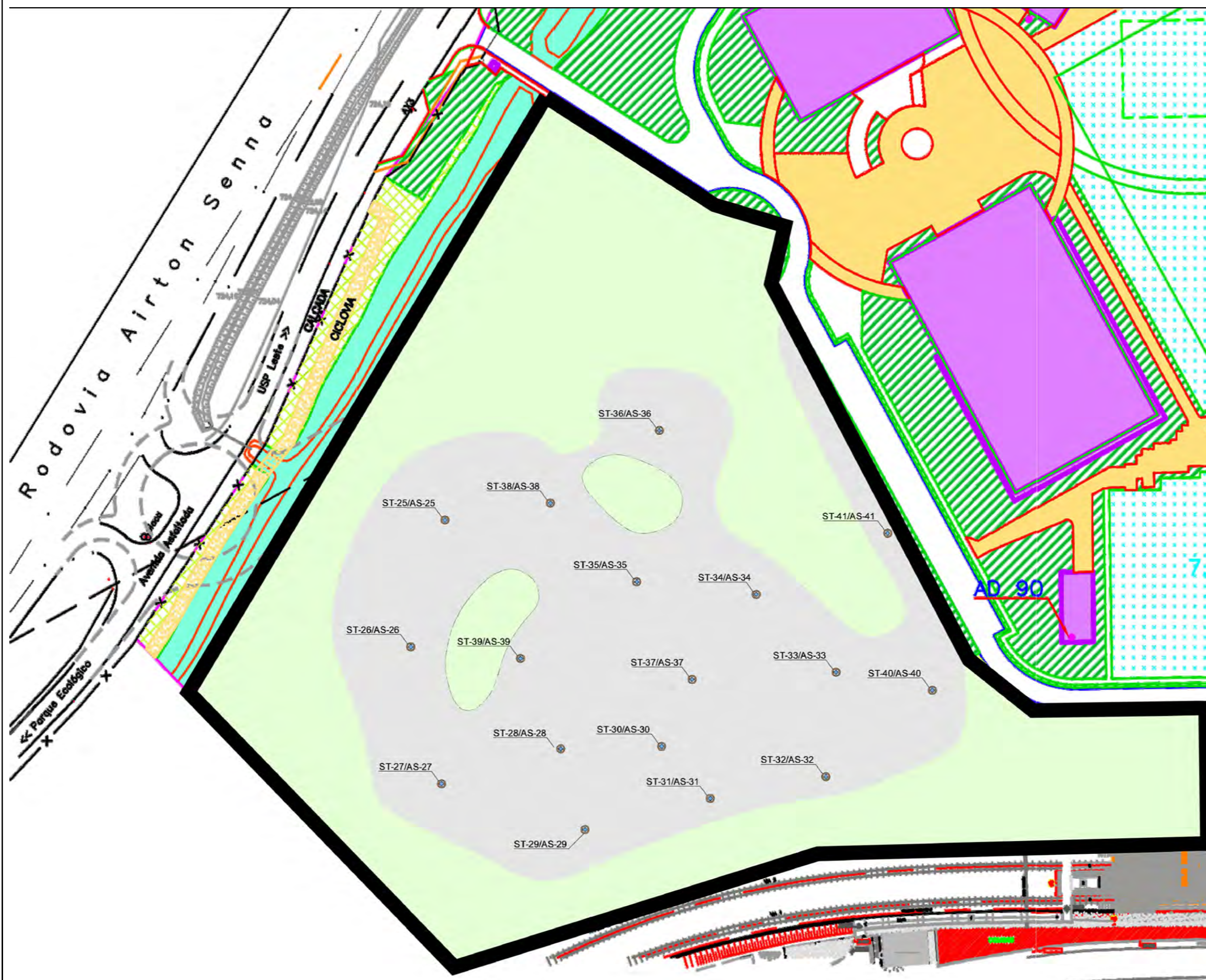
Neste estudo foi informado que durante a realização do trabalho de campo foram identificados indícios de contaminação nos solos como, por exemplo, odor de combustível (ST-06 na AI-01), concentração de VOCs acima de 10.000 ppm (ST-26 na AI-02), resíduo de tinta misturado com entulho (ST-25 na AI-02), pano coberto com tinta plástica exalando odor forte de solvente, tinta e graxa (ST-26 na AI-02) e indícios de óleo com odor muito forte entre 0,50 e 3,00 m (ST-30 na AI-02).

Os resultados analíticos da campanha de amostragem do solo, na área AI-02, não apresentaram contaminações de Metais nem de PCBs. No entanto, com relação aos compostos orgânicos, foi identificada contaminação do solo pelo composto Bis(2etilhexil)ftalato na amostra ST-25. Na amostra ST-30 foram identificados como contaminantes os Cresóis, Fenol, Naftaleno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fenantreno, Benzo(k)fluoranteno, estireno, Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos totais acima dos valores de intervenção residencial.

O Parecer Técnico nº 116/IPSS/12 informa, na página 8, que foi acordado entre CETESB e USP, na reunião do dia 26/04/2012, a realização de uma investigação da qualidade dos solos, águas subterrâneas e dos vapores do solo antes de quaisquer intervenções físicas na área do terreno recém doado à USP para instalação do Centro de Convenções, Centro de Cultura e exposições e do Bosque da Chaminé. E ainda, caso outras áreas do campus venham a ser ocupadas ou tenham receptores expostos a uma eventual contaminação, como por exemplo, a área doada (Decreto Estadual nº 57.972 de 13/04/2012) e a Gleba II, devem ser realizadas investigações ambientais.

Dessa forma, o presente estudo visa atender ao solicitado na Memória de Reunião e ao Parecer Técnico nº 11/IPSS/12 referente às áreas não edificadas AI-02 e AI-03.

A **Figura 2** apresenta a localização das sondagens de estudos anteriores nas áreas AI-02 e AI-03.



- ST-41/AS-41 Sondagem de investigação/Amostra de solo
- Área verde
- Área de solo exposto (aterro)

Fonte: Servmar 2012

	Título: Localizacao de Sondagens de estudos anteriores - AI-02 e AI-03 - SERVMAR-2012	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS USP LESTE	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 02	



2. ESCOPO DO PROJETO

2.1 Investigação Detalhada

Para caracterizar a contaminação, serão determinadas as concentrações e a distribuição das substâncias químicas de interesse (SQIs) e definidos os limites das plumas de contaminação.

Nesta etapa, todas as fontes primárias de contaminação existentes (atuais e passadas) devem ser identificadas e dados representativos das áreas de ocorrência de concentrações mais elevadas (*hot spots*), geradas a partir dessas fontes, devem ser obtidos.

A etapa de Investigação Ambiental Detalhada, conforme preconizado no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB, e pela Norma ABNT NBR 15.515-3:2013, consiste na aquisição e interpretação de dados da área onde foi confirmada existência de contaminação, a fim de entender a sua dinâmica e dos meios afetados, objetivando, principalmente:

- Mapeamento tridimensional da contaminação;
- Caracterização do meio físico e entorno;
- Quantificação da massa de substâncias químicas de interesse nos meios afetados;
- Identificação e caracterização de outras fontes de contaminação não apontadas em etapas anteriores;
- Definição das substâncias químicas de interesse para a área;
- Definir a dinâmica de transporte, simulando a evolução da contaminação, velocidade, vazão, etc;
- Identificar as vias de exposição e receptores potenciais para Avaliação de Risco à Saúde Humana;
- Fornecer subsídios aos planos de ações/intervenções necessárias;

Assim, a Investigação Detalhada deverá contar com a execução de sondagens para coleta de amostras de solo e instalação de poços de monitoramento para amostragem de água subterrânea, além dos já presentes no local desde investigações anteriores, para delimitação horizontal dos contaminantes identificados nas duas matrizes. Devem ser incluídos conjuntos de poços multiníveis, instalados

em diferentes cotas do aquífero, para o mapeamento da distribuição vertical das substâncias químicas de interesse, delimitando assim tridimensionalmente a pluma de contaminantes da fase dissolvida. Analogamente, na matriz solo as sondagens a serem executadas para delimitar a contaminação encontrada em fase residual deverão ser feitas em mais de uma profundidade na zona insaturada do subsolo.

Os contaminantes podem estar presentes em fase livre, residual, dissolvida, adsorvida, ou gasosa, e para caracterização de cada uma destas fases, diferentes configurações de equipamentos podem ser utilizadas.

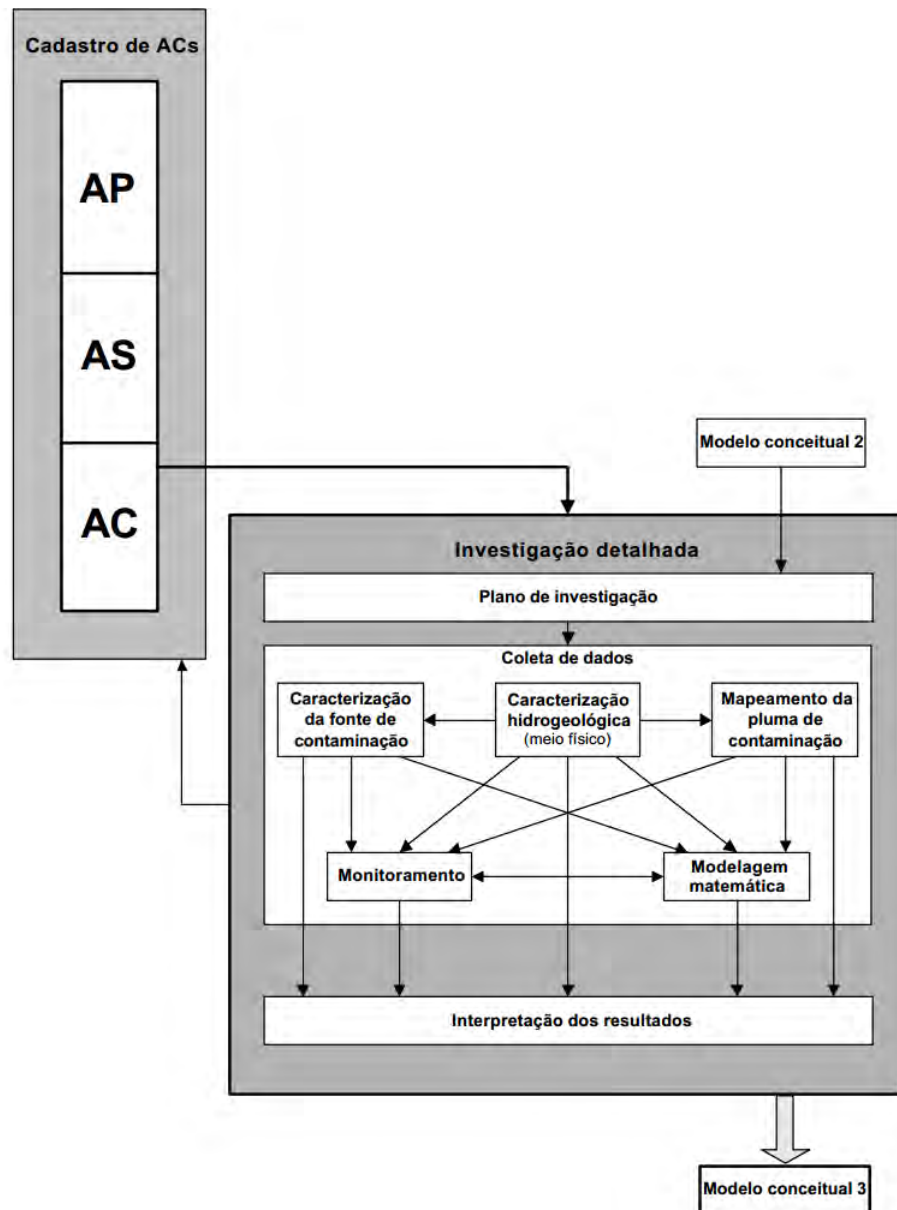
A partir dos resultados obtidos prossegue-se às estimativas da evolução espacial da pluma ao longo do tempo, simulando quando e se as concentrações atingirão receptores potenciais e bens a proteger. Para que tais cálculos sejam realizados devem ser feitos ensaios visando à determinação de parâmetros hidrogeológicos locais relevantes, como a condutividade hidráulica e porosidade efetiva, por meio de coleta e análise de amostras indeformadas que representem o site, bem como por meio de ensaios hidráulicos *slug test* e *bail test*.

Desta forma, e juntamente com parâmetros dos contaminantes encontrados (coeficientes de partição, solubilidade e volatilização, por exemplo), é feito cálculo, através de modelagem matemática, da velocidade de propagação da pluma no meio, tempo que leva para atingir determinado bem a proteger e vazão, esta segundo uma área e/ou camada geológica específica.

A etapa de Investigação Detalhada deve atualizar e aprimorar o modelo conceitual da área, validando-o com as novas informações obtidas, gerando então uma nova versão que deve ser a base para o planejamento e prosseguimento das etapas posteriores. Assim, serão identificadas fontes, dinâmica de transporte, vias de exposição e receptores atualizados.

Serão apresentadas as conclusões e recomendações de ações a serem tomadas, dependendo da necessidade, poderão ser indicadas medidas emergenciais, medidas de controle institucional, medidas de engenharia, medidas de remediação e/ou monitoramento da água subterrânea e/ou de intrusão de vapores.

O **Fluxograma 1**, proveniente do Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB, resume o fluxo da Investigação Ambiental Detalhada.



Fluxograma 1 – Etapas da Investigação Ambiental Detalhada

2.2 Escopo Técnico dos Serviços

Os serviços técnicos realizados no projeto em questão foram:

2.2.1 Áreas AI-02 e AI-03

- Realização de 564 sondagens distribuídas em 19 Unidades de Decisão (UD's), sendo, 18 UD's com 30 sondagens e 1 UD com 24 sondagens;
- Coleta de 02 amostras compostas de solo por UD, uma para cada profundidade considerada (0,30 m e 1,00 m);
- Coleta de amostra de solo indeformada e deformada em 07 pontos distintos do terreno para análise geotécnica;
- Instalação de 17 poços rasos de monitoramento das águas subterrâneas;
- Instalação de 11 poços profundos de monitoramento das águas subterrâneas;
- Levantamento georreferenciado e medição do nível d'água subterrânea estabilizado;
- Amostragem de água subterrânea dos poços recém instalados;
- Realização de ensaios de permeabilidade – *Slug/Bail Test*;
- Instalação de 37 poços de monitoramento gases (PMG);
- Realização de teste de estanqueidade com gás hélio nos PMG's recém instalados;
- Realização de 20 sondagens para amostragem de solo, a fim de delimitar compostos detectados no solo;
- Instalação de 09 poços rasos de monitoramento das águas subterrâneas para delimitação de compostos detectados em água subterrânea;

2.2.2 Parque Tietê

- Realização de 10 sondagens para coleta de amostras de solo.

- Análise química das amostras de solo para identificação e quantificação de metais, a fim de caracterizar o Background local;
- Instalação de 10 poços rasos de monitoramento das águas subterrâneas;
- Instalação de 10 poços profundos de monitoramento das águas subterrâneas;
- Amostragem de água subterrânea dos poços recém instalados;
- Realização de ensaios de permeabilidade – *Slug/Bail Test*;
- Levantamento georreferenciado e medição do nível d'água subterrânea estabilizado;

2.2.3 Área AI-01

- Amostragem de água subterrânea de 10 poços de monitoramento pré-existent, a fim de fornecer / aprimorar o modelo hidrogeológico local;
- Levantamento georreferenciado e medição do nível d'água subterrânea estabilizado;

2.2.4 Escritório e vistorias de campo

- Levantamento das características do uso e ocupação do solo no entorno;
- Levantamento dos dados regionais sobre o meio físico;
- Estudo Hidrogeoquímico do solo e da água subterrânea;
- Modelagem matemática numérica e tridimensional;
- Avaliação de Riscos Toxicológicos;
- Elaboração de Relatório Técnico, contendo:
 - Resumo executivo;
 - Introdução, objetivo e escopo;

- Histórico da área e das atividades realizadas, incluindo-se os resultados analíticos consolidados;
- Localização da área;
- Caracterização do entorno;
- Plano de amostragem;
- Descrição de metodologias e procedimentos utilizados nas atividades;
- Limitações das metodologias adotadas, garantia e controle de qualidade e avaliação das incertezas;
- Caracterização geológica / hidrogeológica (regional e local);
- Caracterização hidrogeoquímica;
- Levantamento topográfico georreferenciado dos pontos de amostragem de solo, água subterrânea e gases;
- Planta com a localização das sondagens e poços de monitoramento;
- Perfis das sondagens e indicação das concentrações de gases orgânicos em profundidade;
- Perfis construtivos dos poços de monitoramento instalados;
- Mapas potenciométricos e indicação do fluxo da água subterrânea, a partir dos poços instalados, incluindo-se as seções hidrogeológicas verticais e transversais ao sentido do fluxo;
- Laudos analíticos das amostras coletadas;
- Determinação do volume de solo das áreas aterradas com concentrações acima do V.I (CETESB, 2014);
- Mapas de distribuição horizontal e vertical das plumas de contaminação;
- Estudo hidrogeoquímico do local;

- Modelagem numérica e tridimensional de transporte dos contaminantes;
- Avaliação de risco à saúde humana, com a apresentação dos mapas de risco;
- Modelo Conceitual;
- Discussão dos resultados e apresentação de eventuais recomendações técnicas sobre o gerenciamento ambiental da área.

2.3 Referências Normativas

Todos os trabalhos foram executados seguindo os procedimentos e normas técnicas existentes conforme relacionadas a seguir:

- Termo de Referência (Anexo II) do Edital de Concorrência nº 02/2014 retificado para o Edital de Concorrência nº 01/2015;
- CETESB – Guia de Coleta e preservação de amostras de água (1998);
- CETESB – Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (2001);
- CETESB – Guia para Avaliação do Potencial de Contaminação em Imóveis (2003);
- CETESB – Procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas (2007);
- ABNT, NBR 15495-1 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção (2007);
- ABNT, NBR 15495-2 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 2: Desenvolvimento (2007);
- ABNT, NBR 15515-3 – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3: Investigação Detalhada;
- ABNT, NBR 15847 – Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento – Método de Purga (2010);

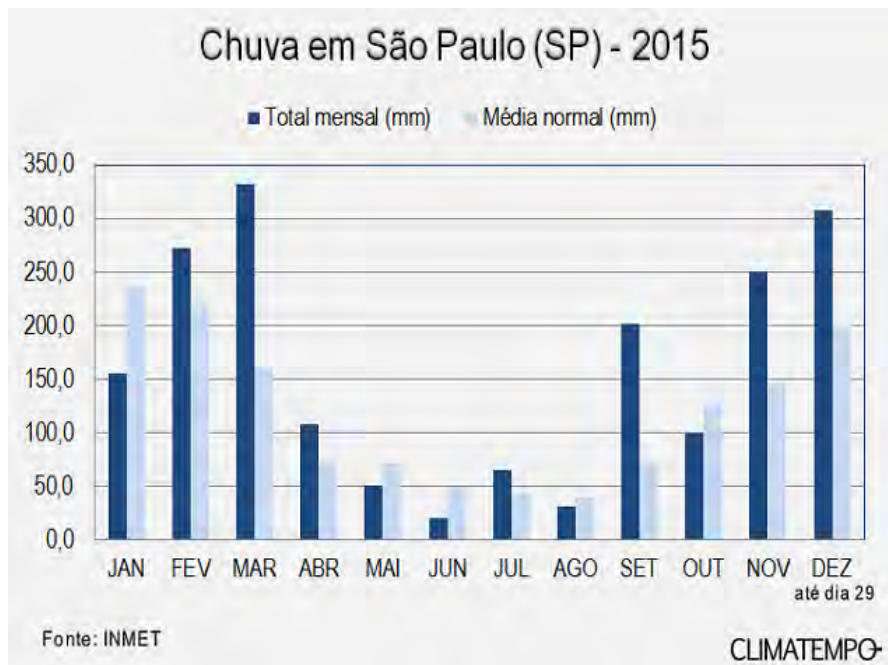
- ABNT, NBR 16210 – Modelo Conceitual no Gerenciamento de Áreas Contaminadas – Procedimento;
- 20ª Edição do *Standard Guide for the Examination of Water and Wastewater*;
- ASTM E2993-16 - *Evaluating Potential Hazard as a Result of Methane in the Vadose Zone*;
- ASTM D7663 - 2012 - *Active Soil Gas Sampling in the Vadose Zone for Vapor Intrusion Evaluations*;

3. CARACTERIZAÇÃO MEIO FÍSICO E ENTORNO

3.1 Clima

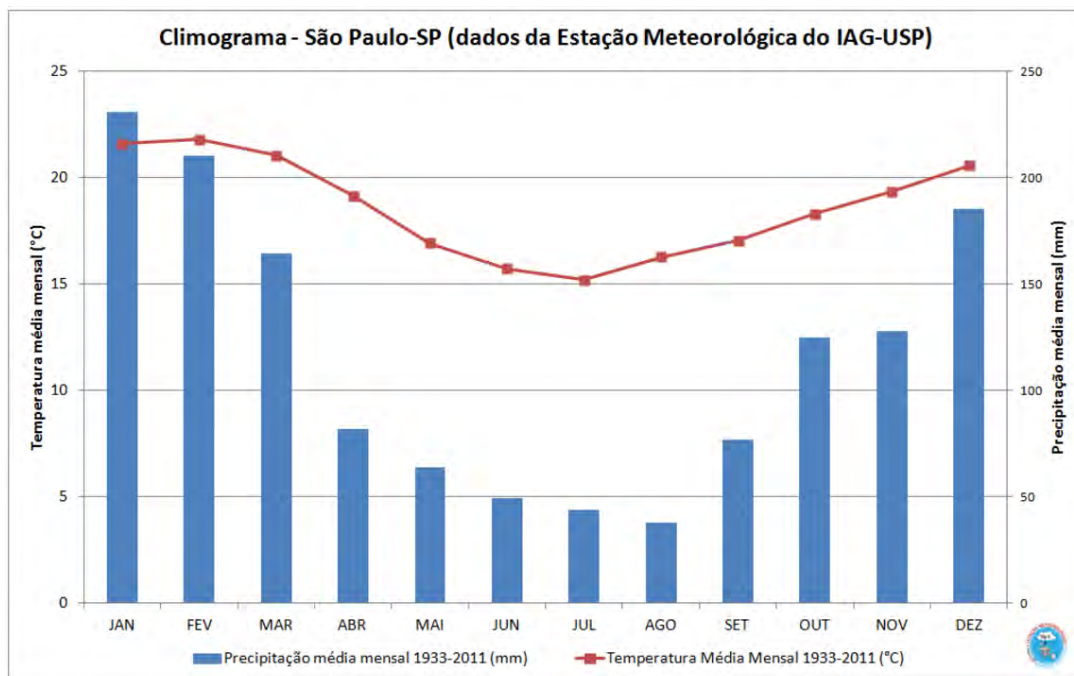
A cidade de São Paulo apresenta clima tropical de altitude, caracterizado por chuvas de verão e temperatura média anual entre 19° C e 27° C.

Abaixo é apresentado o gráfico relativo à precipitação na cidade de São Paulo no ano de 2015



Fonte: <http://www.climatempo.com.br/noticia/2015/12/30/como-foi-sao-paulo-em-2015-3207>

A seguir está exibido o Climograma histórico (1933 – 2011) de São Paulo, elaborado a partir de dados da Estação Meteorológica do IAG-USP.



Fonte: <http://estacao.iag.usp.br/seasons/index.php>

3.2 Geomorfologia

Geomorfologicamente, de acordo com a divisão do Estado de São Paulo proposta por Almeida (1964), a cidade de São Paulo está localizada na Província do Planalto Atlântico, na zona do Planalto Paulistano.

O Planalto Atlântico é uma área constituída por diferentes litologias que resultaram em variadas fisionomias, possibilitando a identificação e definição de diversas unidades geomorfológicas, sendo predominante nesta unidade a presença de formas de topos convexos, graus de entalhamento dos vales variando de forte a muito forte e dimensão interfluvial variando de pequena a muito pequena.

3.3 Geologia Regional

A Região Metropolitana de São Paulo encontra-se sobre os terrenos integrantes da Bacia Sedimentar de São Paulo (BSP), de idade cenozoica, e seu embasamento pré-

Cambriano. A BSP é uma unidade pertencente ao *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, definido por Riccomini (1989), e o desenvolvimento das bacias que compõe o RCSB está relacionado aos processos de reativação, durante o Paleógeno, do sistema de zonas de cisalhamento denominadas de Faixa de Cisalhamento de São Paulo, por Hasui *et al.* (1984).

A BSP tem como embasamento os terrenos pré-Cambrianos pertencentes a porção central da Província Mantiqueira. Essa província é caracterizada por um extenso sistema de zonas de cisalhamento de direção subparalela à costa Sudeste e Sul do Brasil, chegando até o Uruguai (Sadowski & Campanha, 2004). Segundo Sadowski & Motidome (1987), as zonas de cisalhamento são orientadas segundo ENE a E-W, apresentam mergulhos subverticais, são profundas e predominantemente transcorrentes dextrais com componente transpressivo (Trouw *et al.*, 2000).

Importantes episódios de reativação dessas zonas de cisalhamento são reportados na literatura, durante o Mesozoico e Cenozoico. Como, por exemplo, a reativação que teve início no Jurássico Superior e culminou com a abertura do oceano Atlântico sul no Cretáceo (Sadowski & Campanha, 2004). E durante o Cenozoico, como resultado da evolução da margem continental, dando origem as bacias do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989).

Os terrenos cristalinos que representam o embasamento da BSP são caracterizados essencialmente por duas unidades geológicas, separadas pelas falhas de Taxaquara e do Rio Jaguari, e rochas granitoides intrusivas. Ao sul das falhas encontram-se as rochas pertencentes ao Complexo Embu, e o conjunto situado na região norte é composto pelo Grupo São Roque e o Grupo Serra do Itaberaba.

Neste contexto, a BSP é considerada como um *hemigraben*, de basculamento NNW, com a borda norte retilínea controlada pelas zonas de cisalhamento Taxaquara-Jaguari. O preenchimento sedimentar dessa bacia consiste em depósitos continentais Paleógenos e Neógenos, gerados por intensa sedimentação fluvial, e coberturas colúvio-aluviais quaternárias (Riccomini, 1989).

A estratigrafia da BSP é relacionada ao Grupo Taubaté (Paleógeno), composto pelas Formações Resende, Tremembé e São Paulo. São recobertos pela Formação Itaquaquetuba (Neógeno) e por último pelas coberturas quaternárias, depositadas diretamente sobre o embasamento. Esses sedimentos possuem espessura média de



100 metros, podendo atingir 250 metros em algumas localidades da bacia (Takiya, 1991).

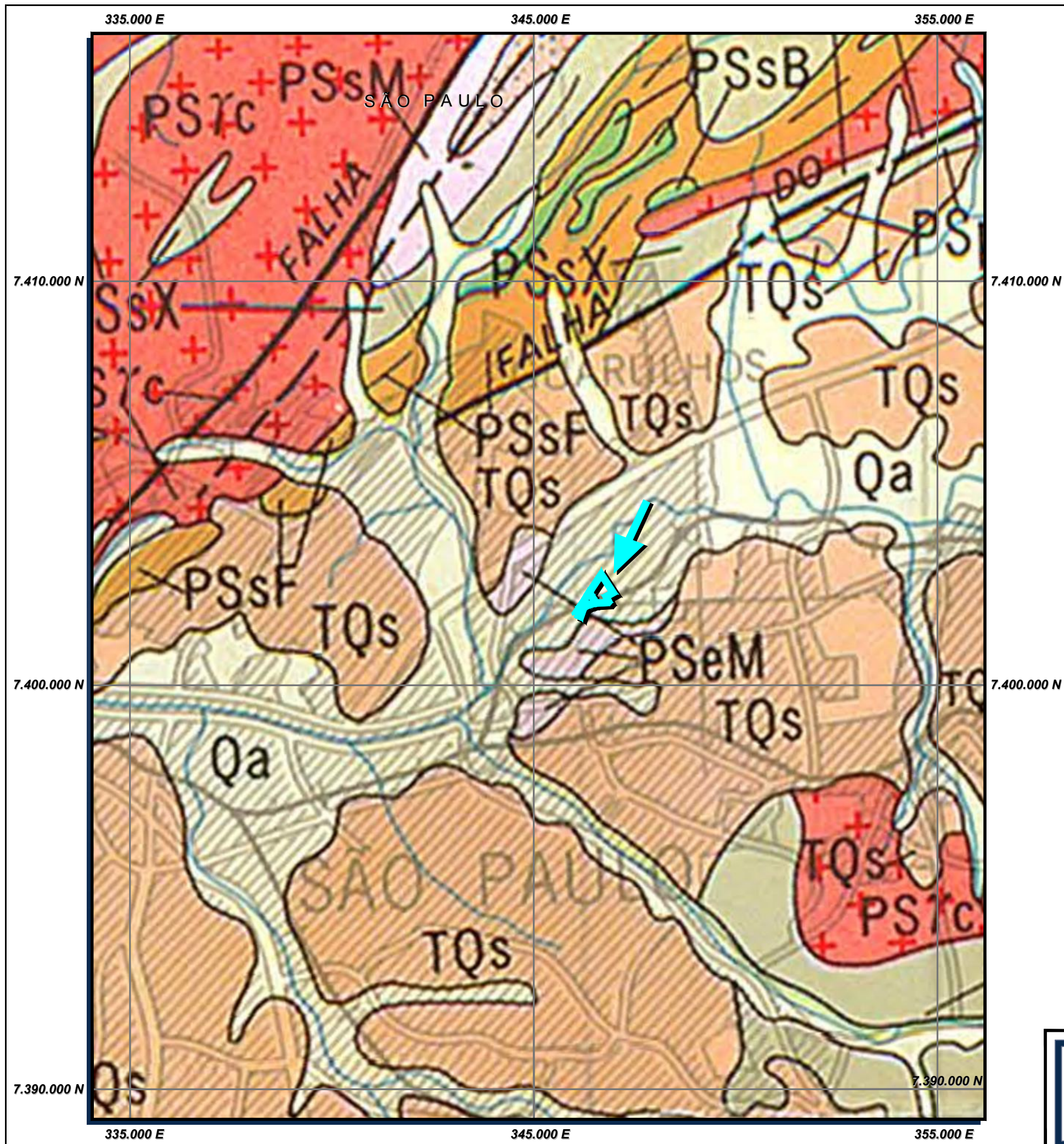
A área da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP está inserida numa região de confluência dos sedimentos Terciários da Formação São Paulo, da BSP, e dos sedimentos quaternários correspondentes à planície de inundação do Rio Tietê. Como embasamento desses sedimentos ocorre, nessa região, migmatitos e gnaisses graníticos do Complexo Embu.

O Complexo Embu é composto por três conjuntos de litotipos, segundo Juliani (1992). O primeiro é representado por orto-gnaisses polimigmatizados e polideformados, que constituem o embasamento das rochas supracrustais, e tem idades arqueanas a transamazônicas. O segundo é representado por metassedimentos de grau metamórfico elevado, caracterizado por xistos da fácies anfibolito médio a alto. E o terceiro é representado por sericita xistos e filitos de baixo grau metamórfico.

A Formação São Paulo é composta por depósitos de sistema fluvial meandrante e apresenta duas litofácies principais. A primeira litofácie é composta por arenitos conglomeráticos com estratificações cruzadas de pequeno a médio porte. A segunda litofácie é composta por arenitos médios a grossos que gradam para sedimentos mais finos, com estratificação plano-paralela horizontal. Essa Formação atinge, na região central da cidade de São Paulo, espessuras de até 70 metros.

Os sedimentos quaternários correspondem às extensas planícies aluviais dos principais rios da região, como o Tietê e Pinheiros, e estão presentes também ao longo das drenagens de menor porte. Esses depósitos são constituídos por colúvios argilo-arenosos e raramente ultrapassam 10 metros de espessura.

A **Figura 3** apresenta o mapa geológico regional.



LEGENDA:



CENOZÓICO - QUATERNÁRIO

Qa Aluviões fluviais: argila, areia e cascalho.

TERCIÁRIO - QUATERNÁRIO

TQa Argilas, areias e cascalhos da Formação São Paulo e da Formação Caçapava (Grupo Taubaté). Inclui depósitos elúvio-colúviais correlatos.

MESOZÓICO

db Diques de rochas básicas cretáceas. db = Diabásio, lp = Lamprófirio.

PRÉ-CAMBRIANO

pCAgg Granitos e granodioritos normais ou em partes gnaissicos, equigranulares ou porfiróides.

pCAdq Dioritos a quartzo, dioritos normais ou gnaissicos.

pCAmg Migmatitos e gnaisses graníticos, podem achar-se cizalhados até gnaisses miloníticos em zonas de movimentação tectônica intensificada.

pCAqu Filitos e/ou metassiltitos, inclui também filonitos em zonas de movimentação tectônica intensificada.

pCAma Meta arenitos (meta-arcósios e metagrauvacas) de baixo grau metamórfico).

pCAMc Metaconglomerados de baixo grau metamórfico.

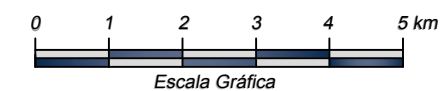
pCAmx Micaxisto e/ou meta-arenito de médio grau metamórfico, inclui também xistos miloníticos em zonas de movimentação tectônica.

pCAcc Rochas calcossilicatadas.

pCAea Epidoto anfibolitos bandados e xistos verdes (metamargas e/ou metatufitos).

pCAam Anfibolitos, metabasitos (metadiabásio, metagabro).

pCAcrh Calcoxistos, metacalcários ou metadolomitos.



Fonte: Carta Geológica da Região Metropolitana da Grande São Paulo
Emplasa - Escala Original 1:100.000 - 1980

	Título: Mapa Geológico Regional	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS USP LESTE	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Ciente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo - SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 3	

3.4 Hidrogeologia Regional

Os sistemas aquíferos na região podem ser divididos de acordo com as litologias que os abrigam: o Sistema Aquífero Cristalino, o Sistema Aquífero São Paulo e o Sistema Aquífero Cenozóico.

O Sistema Aquífero Cristalino desenvolve-se nas rochas do embasamento cristalino Pré-Cambriano, mostrando duas diferentes formas de fluxo para suas águas subterrâneas: nas partes superiores do maciço rochoso, a água percola a rocha alterada, como num aquífero poroso, pelos interstícios de seus minerais; já nas zonas mais profundas, onde ocorre a rocha sã, o fluxo d'água se dá através das juntas e fraturas abertas que seccionam a rocha.

O Sistema Aquífero São Paulo, situado nos sedimentos terciários, encontra-se assentado sobre o Sistema Cristalino, e apresenta maiores vazões específicas com relação ao seu embasamento. Seu fluxo é caracterizado como do tipo poroso, livre.

O Sistema Aquífero Cenozóico, formado pelos depósitos aluviais, caracteriza-se como uma unidade hidrogeológica com extensão limitada, sedimentar, permeável por porosidade granular, livre e descontínua. Como este sistema não possui caráter regional, suas características associam-se às formas de ocorrência e natureza locais dos sedimentos que a compõem. Este aquífero poroso, formado por solos superficiais e de alteração derivados de rochas granitóides Pré-Cambrianas, possui fluxo predominantemente sub-horizontal e varia segundo a declividade topográfica local.

Na região da USP Leste afloram apenas os depósitos aluvionares quaternários, depositados pela ação do Tietê e seus afluentes. Atualmente, parte da área em estudo encontra-se recoberta por aterros, originados das dragagens do leito do rio Tietê realizadas na década de 1960, da terraplenagem realizada entre 2004 e 2005, e pelo depósito de material de origem desconhecida ocorrido em meados de 2011.

Dentro da Bacia Alto Tietê, o campus se encontra na região da várzea do rio Tietê, que desenvolve significativas planícies aluviais, cujas larguras superam aquelas das faixas de meandros. É importante ressaltar que, originalmente, o traçado do rio Tietê era intensamente meandrante, em decorrência das baixas declividades de suas várzeas. Localmente, a área da USP Leste é cercada por córregos, que emergem de

área Sudeste, fluindo, pela borda oeste da área em estudo, em direção ao norte até seu desemboque no Rio Tietê.

3.5 Uso e Ocupação do Solo

O conhecimento do entorno das imediações do site de interesse constitui elemento importante para o entendimento dos condicionantes que potencialmente interferem na qualidade ambiental de um local, além de fornecer informações a respeito dos potenciais receptores e bens a proteger existentes no entorno da área de investigação.

Para tanto, foi realizado um levantamento das principais atividades potencialmente contaminantes, quando da inspeção de reconhecimento, e utilizadas fotos aéreas e imagens de satélite para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo no entorno (com raio de 500 metros partindo dos limites da área estudada), apresentado na **Figura 4**.

De acordo com o Zoneamento Municipal, a USP Leste situa-se integralmente dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental da Várzea do Tietê, que integra o Parque Ecológico do Tietê. Adjacentes à área em estudo encontram-se as áreas Zona Predominantemente Industrial (ZPI), Zona de Centralidade Polar, Zona Mista de Média Densidade (ZM-2), Zona Mista de Baixa Densidade (ZM-1) e Zona Especial de Interesse Social1 (ZEIS-1). O Mapa de Uso e Ocupação, segundo zoneamento municipal, pode ser visualizado na **Figura 4**.

Atualmente o entorno da área avaliada apresenta ocupação predominantemente mista residencial, comercial e industrial, com presença de conjuntos habitacionais, alguns estabelecimentos comerciais, e galpões industriais de atividades diversificadas. Apresenta-se abaixo a relação de ocupações encontradas no entorno da área de interesse.

- Norte e Oeste: Área de Proteção Ambiental Parque Ecológico do Tietê;
- Nordeste: USP Leste – área de interesse AI-1;
- Sudoeste: Centro de Treinamento do Corinthians; Fábrica de Produção de Vigas Linha 13 da CPTM;

- Sul e Sudeste: presença de estabelecimentos comerciais, industriais, e áreas residenciais (Fermaz Indústria, Comércio e Ferramentaria Ltda., Industria e Comercio de Produtos Alimentícios Juquinha Ltda. – EPP, Patrícia Alves do Vale Bobinas – ME, Sagaz Industria e Comercio Manutenção de Bombas Ltda., Stop Car Indústria e Comércio Ltda. EPP, Styrobia - Indústria e Comércio Ltda. – EPP, Cangaíba Revestimentos Ltda. - ME (Uso Anterior), Metalúrgica Vieira dos Santos Indústria de Materiais Elétricos Ltda. (Abandonado), Higval Industria e Comércio Ltda., Waldomiro Palma Ribeiro - Blocos – ME, Ecovidro Comercio e Transporte de Vidros Ltda. – EPP, Century do Brasil Máquinas Industriais Ltda., Expresso Corte Indústria e Serviços Siderúrgicos Ltda. – EPP, Assistência Médica Ambulatorial Vila Silvia, Unidade Básica De Saúde Vila Silvia, CEI Vila Silvia, Área de esportes, Ferro Velho, Adelghi Mudanças, Pamasa Industria e Comércio, DEP Painéis Ltda., Estoque de Materiais de Construção, Wrj Transporte e Logística);
- Leste: presença e estabelecimentos comerciais, industriais e áreas residenciais (Estação da CPTM USP Leste, Fábrica da Cisper, Supermercado Rossi, Casa de Eventos Panela Show, Diretrix Industria e Comercio Ltda., Fênix Indústria e Comércio de Armação Trelaçada Ltda.–EPP, Empresa de Turismo Santa Rita Ltda., Multiperfis Indústria de Produtos Plásticos Ltda., Felisberto Fernandes Magalhães Serralheria–ME, Rilmaster Industria de Masterbatches Ltda., Cortemix Indústria e Comércio de Máquinas Ltda., Malharia Judith Ltda., Depósito de Carros Apreendidos, Promar Tratamento Anticorrosivo e Pintura Eletrostática, Posto de Molas Marchini, Oficina Mecânica, Galpão, Maderum Comercio de Madeira Ltda.).

A área investigada não consta no Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB (relatório de dezembro de 2015), tampouco foram encontradas áreas pertencentes ao entorno, considerando uma distância de 500 metros a partir dos limites do terreno, no mesmo cadastro.

Em consulta a processos *online* na CETESB foram localizadas 23 entradas referentes às licença de operação, parecer técnico, dispensa de licença e emissão de CADRIs, conforme pode-se visualizar na **Tabela 3.5-1**.

Tabela 3.5-1 - Processos da CETESB na área de estudo e em áreas próximas.

Razão Social	Endereço	Nº	Atividade	Objeto	Distancia (m)
Owens-Illinois do Brasil Indústria e Comércio S.A.	Avenida Olavo Egídio de Souza	2270	Embalagens de Vidro; Fabricação De	Licença de Operação Em Análise 07/05/2015 CADRI Emitida 29/06/2015	60 Leste
Fermaz Indústria, Comércio e Ferramentaria Ltda.	Av. Doutor Assis Ribeiro	5335	Tampas e Capsulas e Outros Dispositivos de Plástico, para Fechar Recip	LO Simplificada Emitida 12/04/2011	200 Sul
Industria e Comercio de Produtos Alimentícios Juquinha Ltda. - EPP	Av. Doutor Assis Ribeiro	5375	Produtos Alimentícios, Fabricação de	Licença de Operação Emitida 30/08/2013	317 Sul
Patrícia Alves do Vale - Bobinas - ME	Av. Doutor Assis Ribeiro	5327	Bobinas de Papel Para Máquinas, Fabricação de	Lic. Prévia Instalação Operação Emitida 11/11/2010	373 Sul
Sagaz Industria e Comercio Manutenção de Bombas Ltda.	Av. Doutor Assis Ribeiro	5353	Serviços de Usinagem (Torno, Fresa, Etc.)	Licença de Operação Emitida 29/09/2006	346 Sul
Stop Car Indústria e Comércio Ltda. EPP	Av. Doutor Assis Ribeiro	5210	Fabricação de Produtos Elaborados de Metal	Licença de Operação Emitida 14/09/2006	344 Sul
Styrobria - Indústria e Comércio Ltda. - EPP	Av. Doutor Assis Ribeiro	5424	Produtos Elaborados de Metal; Fabricação de	Licença de Operação Emitida 19/12/2012	294 Sul
Fênix Indústria e Comércio de Armação Treliçada Ltda. - EPP	Av. Doutor Assis Ribeiro	5424	Fabricação de Produtos Elaborados de Metal	Licença de Operação Emitida 24/05/2007	
Cangaíba Revestimentos Ltda. - ME	Av. Doutor Assis Ribeiro	5943	Fabricação de Argamassa para Acabamento Texturizado	Licença Prévia Arquivada 19/04/2011	40 Leste
Century do Brasil Máquinas Industriais Ltda.	Av. Doutor Assis Ribeiro	5200	Bombas Hidráulicas, centrifugas ou Rotativas, equipadas ou Não com Motor	Licença de Operação Emitida 14/01/2011	366 Sul
Diretrix Industria e Comercio Ltda.	Av. Doutor Assis Ribeiro	5850	Usinagem	Cert. de Dispensa de Licença Emitida 23/05/2001	100 Leste

Razão Social	Endereço	Nº	Atividade	Objeto	Distancia (m)
Expresso Corte Indústria e Serviços Siderúrgicos Ltda.	Av. Doutor Assis Ribeiro	5100	Corte e Dobra de Metais; Serviço de	Licença de Operação Emitida 17/07/2014	410 Sul
Cabreira Comercio de Chapas de Ferro Ltda.	Rua Senador Eloi de Souza	90 Compl. 270	Resíduos e Sucatas Metálicos; Comércio Atacadista de	Licença de Operação Emitida 11/07/2014	425 Leste
Empresa de Turismo Santa Rita Ltda.	Rua Senador Eloi de Souza	150	Transporte Rodoviário Coletivo De Passageiros, Sob Regime de Fretament.	CADRI Emitido 22/03/2007 Licença de Operação Emitida 18/07/2014	300 Leste
Multiperfis Indústria de Produtos Plásticos Ltda.	Rua Senador Eloi de Souza	100	Fabricação de Perfis de Material Plástico	Licença de Operação Emitida 22/02/2008	460 Leste
Metalúrgica Vieira dos Santos Indústria de Materiais Elétricos Ltda.	Rua Lauro de Freitas	230	Peças Estampadas de Ferro e Aço, Exclusive Utensílios Domésticos, Fabr.	Licença de Operação Arquivada 19/04/2011 Licença de Instalação Emitida 27/11/2008	494 Sul
Higval Industria e Comercio Ltda.	Rua Serra Verde	7	Artefatos de Trefilados, Fabricação de	Licença De Operação Emitida 20/01/2012	425 Sul
Waldomiro Palma Ribeiro - Blocos - ME	Rua Serra Verde	80	Blocos de Cimento Armado ou Não, Fabricação de	Licença De Operação Emitida 13/05/2013	433 Sul
Ecovidro Comercio e Transporte de Vidros Ltda. - EPP	Rua Colônia Leopoldina	100	Sucatas Não-Metálicos Diversos, Reciclagem e/ou Recuperação de	Licença De Operação Emitida 01/07/2014	210 Sul
Acqua Mobele Móveis e Decorações Ltda. ME	R. Nova Palmeira	210	Marcenaria	Licença De Operação Emitida 13/03/2006	323 Leste
Rilmaster Industria de Masterbatches Ltda.	R Nova Palmeira	160	Fabricação De Artefatos De Plásticos	Lic Prévia Instalação Operação Emitida 17/03/2009	354 Leste
Cortemix Indústria e Comércio de Máquinas Ltda.	Rua Jaicós	100	Fabricação De Máquinas Para Ind. De Artefatos De Papel, Etc.	Cert de Dispensa de Licença Emitida 16/03/1999	455 Leste
Malharia Judith Ltda.	R Araçazal	27	Tecelagem De Fios De Fibras Têxteis Naturais, Serviço de	Cert de Dispensa de Licença Arquivada 27/10/2010	341 Leste



Assim, o uso e ocupação do entorno da área em estudo possui diversos estabelecimentos comerciais e industriais, situados predominantemente a sul e leste da área de estudo, e dadas as características de relevo e drenagem regionais, tais áreas situam-se a montante da área da USP Leste.

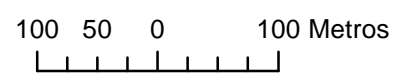
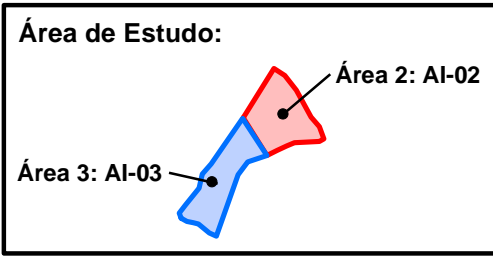


Legenda

- Uso do Solo
- Poço Cadastrado DAEE
- Poço Cadastrado SIAGAS
- 0 -USP LESTE AI-1
- 1 -OWENS-ILLINOIS DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO S.A. (FABRICA CISPER)
- 2 -SUPERMERCADO ROSSI
- 3 -FABRICA DE PRODUÇÃO DE VIGAS LINHA 13 CPTM
- 4 -CENTRO DE TREINAMENTO CORINTHIANS
- 5 -PARQUE ECOLÓGICO TIETÊ
- 6 -ESCOLA ESTADUAL IRMÃ ANETE
- 7 -FERMAZ INDÚSTRIA , COMÉRCIO E FERRAMENTARIA LTDA
- 8 -INDUSTRIA E COMERCIO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS JUQUINHA LTDA - EPP
- 9 -PATRÍCIA ALVES DO VALE - BOBINAS - ME
- 10 -SAGAZ INDUSTRIA E COMERCIO MANUTENÇÃO DE BOMBAS LTDA
- 11 -STOP CAR INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA EPP
- 12 -STYROBIA - INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA - EPP
- 13 -CANGAÍBA REVESTIMENTOS LTDA - ME (USO ANTERIOR) / CASA DE EVENTOS PANELA SHOW
- 14 -CENTURY DO BRASIL MÁQUINAS INDUSTRIAIS LTDA
- 15 -DIRETRIX INDUSTRIA E COMERCIO LTDA
- 16 -EXPRESSO CORTE INDÚSTRIA E SERVIÇOS SIDERÚRGICOS LTDA. - EPP
- 17 -FÊNIX INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ARMAÇÃO TRELIXADA LTDA. - EPP
- 18 -EMPRESA DE TURISMO SANTA RITA LTDA
- 19 -MULTIPERFIS INDÚSTRIA DE PRODUTOS PLÁSTICOS LTDA
- 20 -METALURGICA VIEIRA DOS SANTOS INDÚSTRIA DE MATERIAIS ELÉTRICOS LTDA (Abandonado)
- 21 -HIGVAL INDUSTRIA E COMERCIO LTDA
- 22 -WALDOMIRO PALMA RIBEIRO - BLOCOS - ME
- 23 -ECOVIDRO COMERCIO E TRANSPORTE DE VIDROS LTDA - EPP
- 24 -FELISBERTO FERNANDES MAGALHÃES SERRALHERIA - ME
- 25 -RILMASTER INDUSTRIA DE MASTERBATCHES LTDA.
- 26 -CORTEMIX INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE MÁQUINAS LTDA.
- 27 -MALHARIA JUDITH LTDA
- 28 -ASSISTENCIA MÉDICA AMBULATORIAL E UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE - VILA SILVIA
- 29 -DEPÓSITO DE CARROS APREENDIDOS
- 30 -CEI VILA SILVIA
- 31 -ÁREA DE ESPORTE
- 32 -FERRO VELHO
- 33 -ADELGI MUDANÇAS
- 34 -PAMASA INDUSTRIA E COMÉRCIO - ARTEFATOS DE BORRACHA
- 35 -DEP PAINÉIS LTDA
- 36 -ESTOQUE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO
- 37 -PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO E PINTURA ELETROSTÁTICA
- 38 -POSTO DE MOLAS MARCHINI
- 39 -OFICINA MECANICA
- 40 -GALPÃO
- 41 -WRJ TRANSPORTE E LOGÍSTICA
- 42 -MADERUM COMERCIO DE MADEIRA LTDA
- 43 -ESTAÇÃO DA CPTM

Predominância do Uso do Solo.

- Predominantemente Comercial
- Predominantemente Industrial
- Predominantemente Residencial



	Título: Mapa de Uso e Ocupação do Solo	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 4	

4. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS E DOS MÉTODOS EMPREGADOS

4.1 Delimitação da Área de Trabalho

Esta etapa foi realizada visando delimitar de forma precisa a área objeto do presente trabalho. De acordo com mapa fornecido no edital, a USP Leste está inserida em uma área denominada Gleba 1, composta pelas áreas de interesse AI-01, AI-02 e AI-03.

A divisão está regulamentada pelos Decretos nº 47.710, de 18 de Março de 2003, que “Autoriza a permissão de uso em favor da Universidade de São Paulo – USP, de parte de área que especifica, destinada à implantação do Campus daquela Universidade na Zona Leste da Capital”, e nº 57.972, de 13 de Abril de 2012, que “Autoriza a permissão de uso em favor da Universidade de São Paulo – USP, de parte de área que especifica, destinada à ampliação do Campus daquela Universidade na Zona Leste da Capital, incluindo as coordenadas geográficas dos limites estabelecidos.

Assim, a área **AI-01** compreende a área edificada da USP Leste, onde se situa a Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – EACH.

As áreas **AI-02 e AI-03** são as áreas alvo deste estudo ambiental. Adotou-se como os limites Norte e Oeste os córregos presentes nestas direções; como limite Sul, aproximadamente 15 metros do muro que faz divisa com área da CPTM, e como limite leste, os tapumes existentes, e quando não, a projeção do mapa fornecido.

A divisão fornecida em Edital pode ser visualizada na **Figura 5**, abaixo.



Região de estudo

A USP Leste, objeto do licenciamento ambiental, localiza-se no terreno denominado Gleba 1, conforme **figura ao lado**. A Gleba 1 foi subdividida em 3 áreas denominadas: AI-01, AI-02 e AI-03. A área AI-01 é a única parcela edificada do terreno e é hoje ocupada pela EACH. As áreas AI-02 e AI-03 encontram-se cercadas, com acesso restrito e não possuem nenhuma edificação. A área AI-03 é hoje atravessada pela Linha 13 – Jade da CPTM que se encontra em obras. A **figura acima** apresenta a localização das Glebas 1, onde localiza-se a USP Leste e da Gleba 2, terreno cujo uso provisório também foi concedido para a USP.

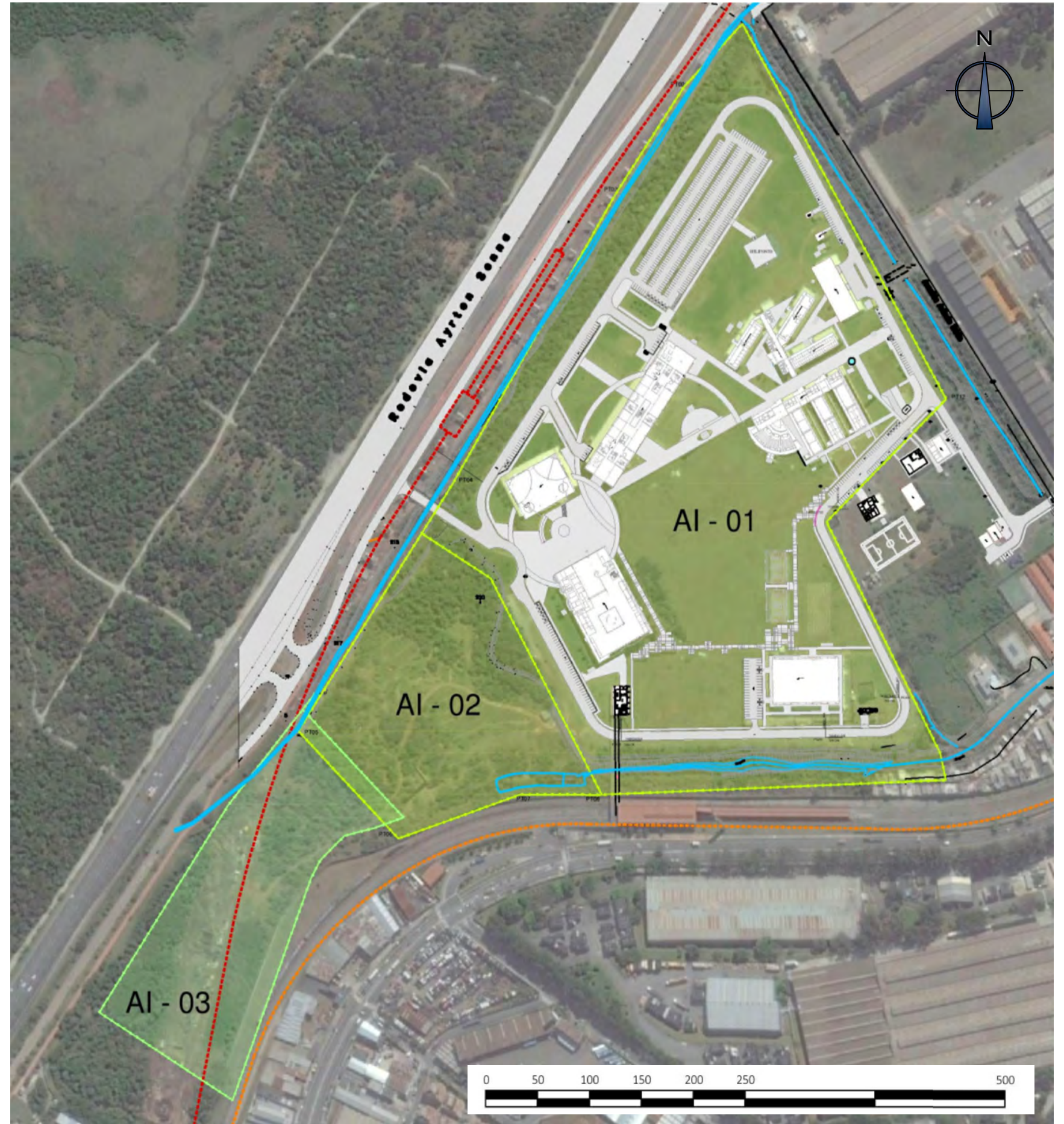
LEGENDA

- Linha 12 - Safira (CPTM)
- Linha 13 - Jade (CPTM)*
- Limite Gleba 1 - Decreto nº 47.710 de 18.03.2003
- Limite Gleba 1 - Decreto nº 57.972 de 13.04.2012
- Cursos d'água**


* em fase de obras

**perímetro aproximado

GOOGLE EARTH. [USP Leste, 15/05/2015]. Acesso em março/2016.



FONTE: Superintendência do Espaço Físico da USP

	Título: USP Leste – Limites do terreno da Gleba 1 e localização das subáreas AI-01, AI-02 e AI-03	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS USP LESTE	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 05	

4.2 Reconhecimento da área para realização de trabalho seguro

As informações sobre o local foram avaliadas, assim como foi inspecionado o local para identificação de intervenções no subsolo e utilidades subterrâneas, tais como redes e galerias.

Constatou-se a existência de dutos subterrâneos da COMGÁS no centro da área em estudo, identificada por meio de marcos geográficos instalados no local. Porém, na falta de informações precisas sobre a localização do traçado dos tubos, a Companhia responsável foi contatada para nos auxiliar com esses dados.

Foi solicitada visita de um técnico da COMGÁS, que realizou levantamento local da rede por meio de detector eletromagnético. Foi recomendado executar os trabalhos de perfuração a uma distância mínima de 2,0m da rede detectada. O método de detecção utilizado está ilustrado no **Anexo IV – Relatório Fotográfico**.

A extensão da tubulação da COMGÁS detectada está apresentada de forma aproximada na **Figura 6**, abaixo.

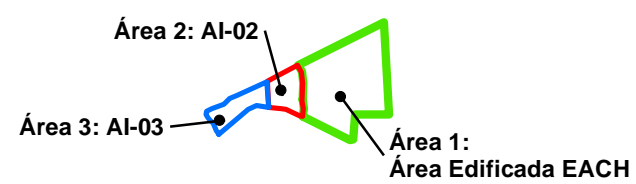
Previamente aos trabalhos de campo, a equipe responsável pela coleta realizou uma integração para checagem dos EPIs (bota, óculos de segurança, luvas e capacete) e revisão das tarefas a serem desenvolvidas pela equipe responsável.



Legenda

--- Duto subterrâneo da COMGÁS

Área de Estudo:



	Título: Mapa da extensão subterrânea do duto da COMGÁS	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 6	

4.3 Plano de Investigação

4.3.1 Divisão da área de estudo em Unidades de Decisão

Para avaliação na matriz solo, o Plano de Investigação foi estabelecido considerando a divisão do terreno em 20 subáreas (Unidades de Decisão – UDs) com área de aproximadamente 4.000 m², sendo 10 unidades na área AI-02, e 10 na área AI-03, onde foram distribuídas 600 sondagens, 30 sondagens por Unidade de Decisão, conforme definido pelo Termo de Referência do contrato.

A área denominada AI-02 recebeu as Unidades de Decisão de 11 a 20, e a área AI-03 recebeu as Unidades de Decisão de 1 a 10. As sondagens foram distribuídas e numeradas de 1 a 600, e suas localizações em campo foram determinadas com auxílio de GPS geodésico, com tecnologia RTK/NTRIP, que atinge precisão de centímetros. Em cada sondagem foi cravada uma estaca de madeira, de origem certificada, e identificadas com suas respectivas numerações em seguida.

No entanto, devido a dificuldade de acesso em períodos chuvosos e falta de estabilidade do terreno, na UD-01 foi possível executar apenas 24 das 30 sondagens previstas. Na UD-02 (AI-03) não foram executadas as sondagens previstas pois a área estava ocupada pelo canteiro de obras da CPTM para construção da Linha 13 Jade.

A **Tabela 4.3.1-1**, resume as Unidades de Decisão formadas e a numeração de sondagens associadas a elas. A distribuição espacial dos pontos de sondagem está ilustrada na **Figura 7**.

Tabela 4.3.1-1 – Nomenclatura das sondagens e unidades de decisão (UD).

Área de interesse	Unidade de Decisão (UD)	Pontos de Sondagens
AI-03	UD-01**	1 a 30
	UD-02*	31 a 60
	UD-03	61 a 90
	UD-04	91 a 120
	UD-05	121 a 150
	UD-06	151 a 180
	UD-07	181 a 210
	UD-08	211 a 240
	UD-09	241 a 270
	UD-10	271 a 300
AI-02	UD-11	301 a 330
	UD-12	331 a 360
	UD-13	361 a 390
	UD-14	391 a 420
	UD-15	421 a 450
	UD-16	451 a 480
	UD-17	481 a 510
	UD-18	511 a 540
	UD-19	541 a 570
	UD-20	571 a 600

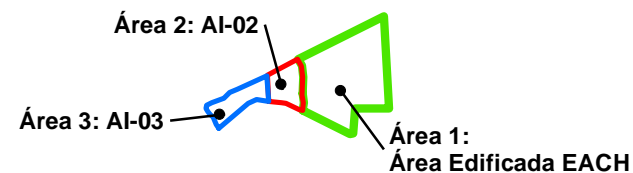
*Não foram executadas as sondagens; ** Executadas apenas 24 sondagens




Legenda

- ◆ SONDAGENS
- UD's-AI3
- UD's-AI2

Área de Estudo:



	Título: Mapa das áreas AI-02, AI-03, UD's e Sondagens	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 7	

4.3.2 Metodologia para coleta de solo por método Multiincremento

A análise da qualidade do solo foi realizada por meio da técnica de amostragem Multiincremento. Para tanto, foram executadas em cada unidade de decisão 30 sondagens, com exceção da UD-01 (24 sondagens), com até 6,00 metros de profundidade, em pontos distribuídos uniformemente dentro de cada área, em malha de aproximadamente 10 x 10 metros. As sondagens, distribuídas em toda área de estudo, foram também utilizadas para caracterização do perfil estratigráfico local.

Esta metodologia consiste em coletar amostras nos 30 pontos de sondagem, destinadas à composição de uma única amostra representativa. Para tanto, as alíquotas coletadas são peneiradas, homogeneizadas e quarteadas, até a obtenção do volume necessário de amostra. A metodologia pode ser aplicada para análise de substâncias químicas de interesse, excetuando-se compostos voláteis, como os Compostos Orgânicos Voláteis – VOCs.

A análise multiincremento foi realizada em duas profundidades, 0,30 e 1,00 metros, de forma a totalizar duas amostras por unidade de decisão.

Em cada sondagem foram medidos os gases presentes, nas profundidades 0,30 m, 1,0 m, e a cada 0,5 metros subsequentes, limitando-se à zona da franja capilar. Para leitura de VOCs foi utilizado equipamento detector portátil por fotoionização – PID; e para medição de Metano, Monóxido de Carbono, Oxigênio, Dióxido de Carbono e Gás Sulfídrico, foi utilizado o analisador de gases Landtec GEM5000. Os certificados de calibração dos equipamentos portáteis de detecção podem ser consultados no **Anexo V**.

Assim, para análise laboratorial de VOCs nas amostras de solo, foram enviadas as amostras de 04 pontos em cada UD com maiores leituras de VOC, detectados com equipamento PID. No caso de não haver detecção ou indícios de contaminação, foram enviadas amostras de pontos distribuídos pela unidade de decisão, de forma aleatória. As medições realizadas estão apresentadas no **Anexo VII**.

Para fins estatísticos, foi realizada coleta de triplicata em 02 UDs aleatórias, sendo coletadas 3 amostras em cada sondagem das UDs escolhidas.

4.4 Realização de Sondagens

Para execução de sondagens e posterior amostragem de solo em *liners* foram utilizados equipamentos Geoprobe, modelos 6712DT, 6620DT e 540MT.

A amostragem de solo com o equipamento o Geoprobe consiste em usar o sistema *Direct Push* para obter amostras de solo através de amostradores tubulares com *liners* descartáveis acoplados.

As sondagens e amostragem do perfil de solo realizadas na área foram através da metodologia *Closed Piston Soil Sampler*. Inicialmente, na primeira perfuração de cada sondagem, os amostradores, de comprimento de 1,50m nos modelos 6712DT e 6620DT, e 1,20m no modelo 540MT, foram cravados com a ponteira aberta e nas metragens subsequentes com a ponteira fechada efetuando a abertura na profundidade desejada de coleta, sempre trocando o tubo *liner*, e aprofundando cada vez mais até o limite desejado (em média a profundidade atingida foi de 6 metros).

A utilização da ponteira foi executada para evitar interferências das camadas superiores no solo coletado. Assim, evita-se o espalhamento, ou arraste de material desmoronado de outras camadas, o que dificultaria a caracterização e definição do perfil geológico de sondagem ao fornecer uma amostra pouco representativa. A **Figura 8** ilustra como é realizado este sistema de cravação:

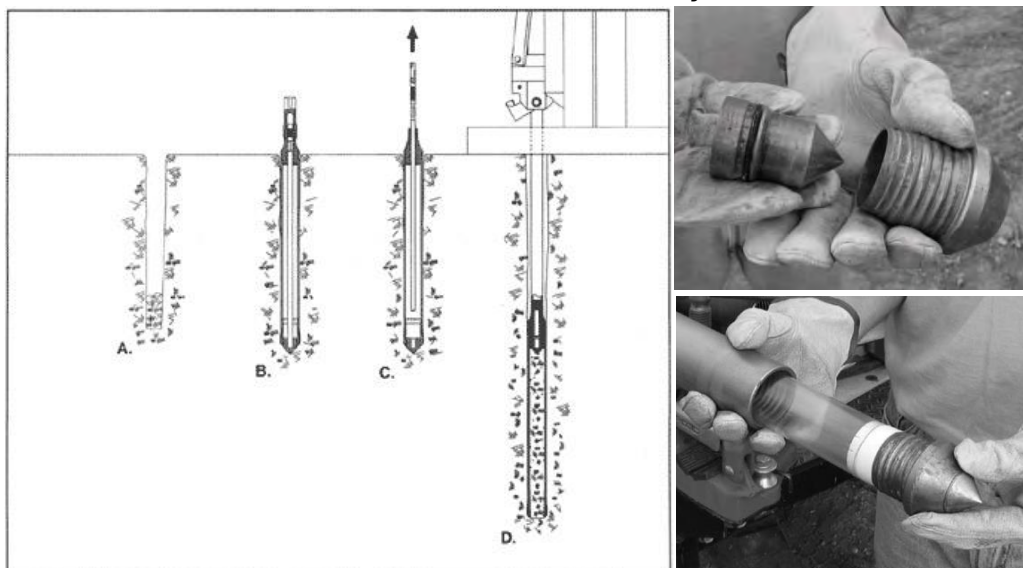


Figura 8 – Closed Piston Soil Sampling

- A - O primeiro amostrador foi removido e obtém-se um primeiro furo com 1,50 m;
- B - O amostrador é recolocado no mesmo furo anterior com um novo tubo *liner*, com ponteira fechada;
- C - Remove-se o pistão para liberar a ponteira;
- D - O amostrador é cravado para a obtenção de uma amostra representativa das camadas inferiores. Este procedimento se dá de forma contínua até atingir a profundidade desejada.

Após a cravação, a ponteira se desloca para a parte superior do *liner*, devendo ser retirada e limpa para o furo da próxima metragem. O *liner* é então limpo e identificado, quanto ao intervalo coletado, topo e base da amostra. Após cada perfuração o material de sondagem foi lavado e descontaminado antes do início do próximo furo.



Figura 9 – Liner contendo amostra de solo e retirada da ponteira.

Todo o serviço executado foi realizado de forma a permitir um trabalho seguro para execução das sondagens, evitando acidentes, como perfurar quaisquer tubulações ou equipamentos enterrados.

Após a coleta dos testemunhos, o procedimento seguinte foi a abertura dos tubos dos *liners* descartáveis para visualização clara e contínua dos perfis de solo, e para sua caracterização litológica. A ferramenta, desenvolvida pela Geoprobe, visa à minimização de interferências no processo de obtenção e descrição do perfil litológico, pois o seu mecanismo corta manualmente o amostrador descartável de forma contínua e segura, preservando desta forma os estratos litológicos amostrados.



Figura 10 – Cortador de Liners utilizado e método de corte.

Os testemunhos das sondagens foram examinados e descritos quanto às características tátil-visuais. Além disso, foram anotadas profundidades e propriedades das camadas detectadas e diferentes características geológicas observadas em cada sondagem. Essas características geológicas estão apresentadas nos perfis descritivos de sondagem, no **Anexo VI**.

Após abertura dos liners e descrição tátil visual dos perfis, procedeu-se à coleta de amostras de solo, acondicionadas em saco plástico impermeável autosselante tipo zip-lock para: segregação das amostras multiincrementos; retirada de amostras de solo para medição de voláteis com PID e Landtec GEM 5000, retirada de amostra de solo para armazenamento em frascos adequados para envio laboratorial de acordo com a medição de VOCs, tomando-se cuidado para evitar perdas de compostos por volatilização. A coleta seguiu o roteiro abaixo, visando assegurar coleta para cada necessidade:

- Retirada de amostras em 0,30m e 1,00m – alíquotas para amostra composta Multiincremento;
- Retirada de amostras em 0,30m, 1,00m e a cada 0,50m até a franja capilar – para leitura de VOC com detector portátil tipo PID;
- Retirada de amostras em 0,30m, 1,00m e a cada 0,50m até a franja capilar – para leitura de gases com equipamento Landtec GEM 5000;
- Retirada de amostras em 0,30m, 1,00m e a cada 0,50m até a franja capilar – amostras de VOC a serem selecionadas e acondicionadas em frascos de vidro fornecidos pelo laboratório.

A etapa seguinte se deu pela leitura de gases das amostras, por meio de detector PID e equipamento leitor de gases Landtec GEM 5000. As leituras foram registradas em formulário de medição de gases. Os certificados de calibração dos medidores são apresentados no **Anexo V**.

Para realizar a medição, os torrões de solo foram quebrados manualmente (sem abrir o saco), a amostra foi agitada por cerca de 15 segundos e mantida em repouso por cerca de 10 minutos.

A amostra foi agitada novamente por cerca de 15 segundos e, imediatamente, foi efetuada a medição dos gases presentes no espaço vazio do saco, introduzindo a sonda do equipamento de medição por meio de um pequeno orifício feito no saco, evitando-se tocar o solo ou as paredes do recipiente.

As alíquotas coletadas para compor amostra multiincremento e para amostras de VOC foram mantidas sob refrigeração (temperatura inferior a 4° C), até a finalização das sondagens de cada Unidade de Decisão.

Posteriormente, foram selecionadas as amostras laboratoriais para análise de VOC, com base nas medições realizadas, sendo enviadas as amostras com 04 maiores medições de VOC da Unidade de Decisão. Caso não fosse detectada leitura, seriam enviadas 04 amostras aleatórias, espalhadas pela UD, porém, todas as amostras enviadas obtiveram detecção de VOC, em outra amostra correspondente, por meio do equipamento PID.

Ao término das sondagens de cada UD, para obtenção da amostra multiincremento, foram reunidas as alíquotas de solo para composição de uma amostra composta representativa da UD, para 0,30m e 1,00m. As alíquotas foram homogeneizadas, peneiradas e quarteadas, até a obtenção do volume necessário de amostra. Adicionalmente às amostras coletadas conforme proposto no memorial técnico, as amostras que apresentassem características de odor, iridescência ou borras, foram coletadas para análise de *TPH fingerprint* – hidrocarbonetos totais de petróleo.

Para garantir o sigilo do trabalho e a qualidade dos resultados, adota-se uma identificação interna para cada uma das amostras coletadas, conforme apresentado na **Tabela 4.4-1**.

A **Figura 11** abaixo apresenta algumas fotos da coleta de amostras de solo para compor uma amostra multiincremento.



Figura 11 – Coleta de amostras compostas de uma Unidade de Decisão.

Tabela 4.4-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados	
UD-01 (0,3)	ConAm_SO_2816	06/11/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Ti, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-01 (1,0)	ConAm_SO_2817	06/11/2015	1,00		
UD-01 (S-1)	ConAm_SO_2818	29/10/2015	1,00		VOC
UD-01 (S-3)	ConAm_SO_2819	29/10/2015	1,00		VOC
UD-01 (S-5)	ConAm_SO_2820	29/10/2015	1,00		VOC
UD-01 (S-10)	ConAm_SO_2821	30/10/2015	1,00		VOC
UD-03 (0,3)	ConAm_SO_2712	17/08/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Ti, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-03 (1,0)	ConAm_SO_2713	17/08/2015	1,00		
UD-03 (S-64)	ConAm_SO_2714	11/08/2015	0,30		VOC
UD-03 (S-70)	ConAm_SO_2715	14/08/2015	1,00		VOC
UD-03 (S-75)	ConAm_SO_2716	14/08/2015	1,00		VOC
UD-03 (S-78)	ConAm_SO_2717	15/08/2015	1,00		VOC
UD-04 (0,3)	ConAm_SO_2828	29/10/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Ti, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-04 (1,0)	ConAm_SO_2829	29/10/2015	1,00		
UD-04 (S-108)	ConAm_SO_2830	27/10/2015	1,00		VOC
UD-04 (S-113)	ConAm_SO_2831	27/10/2015	0,30		VOC
UD-04 (S-114)	ConAm_SO_2832	26/10/2015	0,30		VOC
UD-04 (S-119)	ConAm_SO_2833	26/10/2015	1,50		VOC
UD-05 (0,3)	ConAm_SO_2718	18/08/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Ti, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-05 (1,0)	ConAm_SO_2719	18/08/2015	1,00		
UD-05 (S-127)	ConAm_SO_2720	14/08/2015	0,30		VOC
UD-05 (S-132)	ConAm_SO_2721	17/08/2015	1,00		VOC
UD-05 (S-137)	ConAm_SO_2722	17/08/2015	1,00		VOC
UD-05 (S-143)	ConAm_SO_2723	17/08/2015	0,30		VOC
UD-06 (0,3)	ConAm_SO_2834	26/10/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Ti, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-06 (1,0)	ConAm_SO_2835	26/10/2015	1,00		
UD-06 (S-159)	ConAm_SO_2836	22/10/2015	1,00		VOC
UD-06 (S-164)	ConAm_SO_2837	21/10/2015	0,30		VOC
UD-06 (S-167)	ConAm_SO_2838	23/10/2015	0,30		VOC
UD-06 (S-169)	ConAm_SO_2839	21/10/2015	2,00		VOC
UD-07 (0,3)	ConAm_SO_2736	26/08/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Ti, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-07 (0,3 dupli.)	ConAm_SO_2738	26/08/2015	0,30		
UD-07 (0,3 tripli.)	ConAm_SO_2740	26/08/2015	0,30		
UD-07 (1,0 dupli.)	ConAm_SO_2739	26/08/2015	1,00		
UD-07 (1,0 tripli.)	ConAm_SO_2741	26/08/2015	1,00		
UD-07 (1,0)	ConAm_SO_2737	26/08/2015	1,00		
UD-07 (S-197)	ConAm_SO_2742	25/08/2015	0,30		VOC
UD-07 (S-198)	ConAm_SO_2743	25/08/2015	1,50		VOC
UD-07 (S-200)	ConAm_SO_2744	22/08/2015	1,50		VOC
UD-07 (S-203)	ConAm_SO_2745	25/08/2015	1,00		VOC

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados	
UD-08 (0,3)	ConAm_SO_2724	20/08/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-08 (1,0)	ConAm_SO_2725	20/08/2015	1,00		
UD-08 (S-212)	ConAm_SO_2726	11/08/2015	2,00		
UD-08 (S-213)	ConAm_SO_2727	11/08/2015	1,00		
UD-08 (S-217)	ConAm_SO_2728	11/08/2015	2,00		
UD-08 (S-224)	ConAm_SO_2729	11/08/2015	1,50		
UD-09 (0,3)	ConAm_SO_2746	31/08/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-09 (1,0)	ConAm_SO_2747	31/08/2015	1,00		
UD-09 (S-241)	ConAm_SO_2748	28/08/2015	0,30		
UD-09 (S-244)	ConAm_SO_2749	28/08/2015	1,50		
UD-09 (S-252)	ConAm_SO_2750	27/08/2015	2,50		
UD-09 (S-257)	ConAm_SO_2751	28/08/2015	0,30		
UD-10 (0,3)	ConAm_SO_2752	02/10/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-10 (1,0)	ConAm_SO_2753	02/10/2015	1,00		
UD-10 (S-283)	ConAm_SO_2754	01/10/2015	1,50		
UD-10 (S-284)	ConAm_SO_2755	01/10/2015	1,00		
UD-10 (S-285)	ConAm_SO_2756	01/10/2015	0,30		
UD-10 (S-295)	ConAm_SO_2757	30/09/2015	1,50		
UD-11 (0,3)	ConAm_SO_2758	22/09/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-11 (1,0)	ConAm_SO_2759	22/09/2015	1,00		
UD-11 (S-304)	ConAm_SO_2760	16/09/2015	2,00		
UD-11 (S-308)	ConAm_SO_2761	17/09/2015	1,00		
UD-11 (S-309)	ConAm_SO_2762	17/09/2015	1,00		
UD-11 (S-320)	ConAm_SO_2763	17/09/2015	1,00		
UD-12 (0,3)	ConAm_SO_2764	17/09/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-12 (1,0)	ConAm_SO_2765	17/09/2015	1,00		
UD-12 (S-336)	ConAm_SO_2766	15/09/2015	2,00		VOC e TPH <i>fingerprint</i>
UD-12 (S-342)	ConAm_SO_2767	15/09/2015	2,00		VOC
UD-12 (S-351)	ConAm_SO_2768	15/09/2015	2,50		VOC
UD-12 (S-352)	ConAm_SO_2769	15/09/2015	0,30		VOC
UD-13 (0,3)	ConAm_SO_2770	15/09/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-13 (1,0)	ConAm_SO_2771	15/09/2015	1,00		
UD-13 (S-361)	ConAm_SO_2772	09/09/2015	1,00		
UD-13 (S-381)	ConAm_SO_2773	09/09/2015	0,30		
UD-13 (S-382)	ConAm_SO_2774	09/09/2015	1,00		
UD-13 (S-389)	ConAm_SO_2775	09/09/2015	1,00		
UD-14 (0,3)	ConAm_SO_2776	01/09/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-14 (1,0)	ConAm_SO_2777	01/09/2015	1,00		
UD-14 (S-391)	ConAm_SO_2778	31/08/2015	0,30		
UD-14 (S-397)	ConAm_SO_2779	31/08/2015	2,00		
UD-14 (S-400)	ConAm_SO_2780	26/08/2015	1,00		
UD-14 (S-410)	ConAm_SO_2781	25/08/2015	1,00		
UD-14 (S-403/ST/PMN-04)	ConAm_SO_3291	17/11/2015	2,00	TPH <i>fingerprint</i>	

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados	
UD-15 (0,3)	ConAm_SO_2782	04/09/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-15 (0,3 dupli.)	ConAm_SO_2784	04/09/2015	0,30		
UD-15 (0,3 tripli.)	ConAm_SO_2786	04/09/2015	0,30		
UD-15 (1,0 dupli.)	ConAm_SO_2785	04/09/2015	1,00		
UD-15 (1,0 tripli.)	ConAm_SO_2787	04/09/2015	1,00		
UD-15 (1,0)	ConAm_SO_2783	04/09/2015	1,00		
UD-15 (S-422)	ConAm_SO_2788	02/09/2015	2,00	VOC	
UD-15 (S-429)	ConAm_SO_2789	01/09/2015	2,50	VOC	
UD-15 (S-438)	ConAm_SO_2790	04/09/2015	3,00	VOC e TPH <i>fingerprint</i>	
UD-15 (S-439)	ConAm_SO_2791	04/09/2015	2,50	VOC e TPH <i>fingerprint</i>	
UD-16 (0,3)	ConAm_SO_2792	29/09/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-16 (1,0)	ConAm_SO_2793	29/09/2015	1,00		
UD-16 (S-460)	ConAm_SO_2794	28/09/2015	1,50		VOC
UD-16 (S-466)	ConAm_SO_2795	24/09/2015	1,00		VOC
UD-16 (S-469)	ConAm_SO_2796	18/09/2015	2,00		VOC
UD-16 (S-477)	ConAm_SO_2797	24/09/2015	2,50		VOC
UD-17 (0,3)	ConAm_SO_2798	21/10/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-17 (1,0)	ConAm_SO_2799	21/10/2015	1,00		
UD-17 (S-482)	ConAm_SO_2800	13/10/2015	1,00		VOC
UD-17 (S-485)	ConAm_SO_2801	13/10/2015	1,00		VOC
UD-17 (S-503)	ConAm_SO_2802	14/10/2015	1,50		VOC
UD-17 (S-510)	ConAm_SO_2803	14/10/2015	1,50		VOC
UD-18 (0,3)	ConAm_SO_2804	13/10/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-18 (1,0)	ConAm_SO_2805	13/10/2015	1,00		
UD-18 (S-526)	ConAm_SO_2806	08/10/2015	0,30		VOC
UD-18 (S-527)	ConAm_SO_2807	08/10/2015	1,00		VOC
UD-18 (S-530)	ConAm_SO_2808	09/10/2015	2,00		VOC
UD-18 (S-539)	ConAm_SO_2809	07/10/2015	0,30		VOC
UD-19 (0,3)	ConAm_SO_2810	07/10/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-19 (1,0)	ConAm_SO_2811	07/10/2015	1,00		
UD-19 (S-549)	ConAm_SO_2812	06/10/2015	2,00		VOC
UD-19 (S-551)	ConAm_SO_2813	06/10/2015	2,00		VOC
UD-19 (S-553)	ConAm_SO_2814	06/10/2015	2,00		VOC
UD-19 (S-559)	ConAm_SO_2815	06/10/2015	2,00		VOC
UD-19 (S 551)	ConAm_SO_3075	06/10/2015	4,00	TPH <i>fingerprint</i>	
UD-20 (0,3)	ConAm_SO_2730	21/08/2015	0,30	Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI/Cianeto/Cloreto), SVOC, POC e PCB	
UD-20 (1,0)	ConAm_SO_2731	21/08/2015	1,00		
UD-20 (S-574)	ConAm_SO_2732	17/08/2015	1,00		VOC
UD-20 (S-575)	ConAm_SO_2733	14/08/2015	2,50		VOC
UD-20 (S-585)	ConAm_SO_2734	17/08/2015	1,00		VOC
UD-20 (S-593)	ConAm_SO_2735	17/08/2015	1,50		VOC
UD-20 (S-594)	ConAm_SO_3055	01/10/2015	2,50	VOC e TPH <i>fingerprint</i>	

Posteriormente, foi realizada uma segunda etapa para execução de sondagens, nos locais que as análises químicas constataram a presença de TPH. Esses pontos foram delimitados em área e profundidade, e foram coletadas amostras para serem enviadas para análises laboratoriais também de VOC e SVOC.

Nesta etapa, ao se encontrar novos sinais de anomalias no solo, foram realizadas sondagens adicionais ainda mais afastadas, com a finalidade de garantir a delimitação das alterações encontradas. A identificação das amostras, datas e escopo foram registradas conforme apresentado na **Tabela 4.4-2**.

A localização das sondagens para delimitação de TPH no solo podem ser observadas na **Figura 12**.

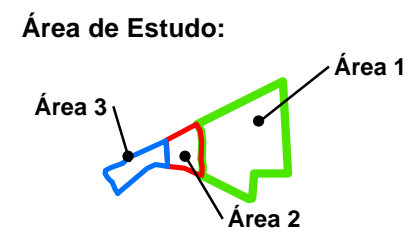
Tabela 4.4-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados
UD-12 (S-336)	ConAm_SO_3768	19/05/2016	2,00	VOC / SVOC
UD-12 (S-336a)	ConAm_SO_3769	19/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-12 (S-336b)	ConAm_SO_3770	19/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-12 (S-336c)	ConAm_SO_3771	19/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-12 (S-336d)	ConAm_SO_3772	19/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403)	ConAm_SO_3773	20/05/2016	2,00	VOC / SVOC
UD-14 (S-403)	ConAm_SO_3774	20/05/2016	3,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403a)	ConAm_SO_3775	20/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403b)	ConAm_SO_3776	23/05/2016	0,80	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403c)	ConAm_SO_3777	23/05/2016	0,50	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403d)	ConAm_SO_3778	23/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403e)	ConAm_SO_3789	23/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403f)	ConAm_SO_3790	23/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-14 (S-403g)	ConAm_SO_3791	23/05/2016	2,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-438)	ConAm_SO_3781	23/05/2016	1,50	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-438)	ConAm_SO_3779	20/05/2016	3,00	VOC / SVOC
UD-15 (S-439)	ConAm_SO_3783	20/05/2016	1,50	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-439)	ConAm_SO_3780	20/05/2016	2,50	VOC / SVOC
UD-15 (S-438/439a)	ConAm_SO_3785	20/05/2016	3,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-438/439b)	ConAm_SO_3786	20/05/2016	3,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-438/439c)	ConAm_SO_3787	20/05/2016	3,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-438/439d)	ConAm_SO_3788	20/05/2016	3,00	TPH <i>fingerprint</i>
UD-15 (S-438/439e)	ConAm_SO_3782	20/05/2016	3,00	TPH <i>fingerprint</i>



Legenda

◆ SONDAGENS ADICIONAIS	UDs-AI3
◆ SONDAGENS ANTIGAS	UDs-AI2



	Título: Localização das sondagens para delimitação de TPH no solo	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 12	

4.4.1 Análise por varredura MS/GC

Foi realizada varredura com cromatografia gasosa/líquida e espectrometria de massa em 8 amostras aleatórias de solo, coletadas nas áreas AI-02 e AI-03, em cada uma das profundidades 0,30m e 1,00m. As amostras foram realizadas pelo método TIC – *Tentatively Identified Compounds*, para identificação de compostos orgânicos presentes predominantes. Foram empregados os métodos de extração e análise da série SW-846 da EPA (1996/2007):

- Método 5035 para extração e método 8260 para identificação de VOCs;
- Método 3545 com cloreto de metileno grau HPLC para extração e método 8270D para identificação de compostos SVOCs apolares;
- Método 3545 com acetona grau HPLC para extração e método 8270D para identificação dos compostos SVOCs polares;

O principal objetivo desta análise é identificar compostos não presentes na lista usual de varredura de uma análise de VOC e SVOC.

As amostras para análise de VOC – TIC foram encaminhadas para o laboratório CEIMIC – Análises Ambientais (CRL 0247), enquanto as amostras para análise de SVOC – TIC foram encaminhadas para o laboratório *Analytical Technology Serviços Analíticos Ambientais Ltda* (CRL 0212). Ambos os laboratórios são acreditados pela CGCRE/ INMETRO - ABNT NBR ISO/IEC 17025.

A **Tabela 4.4.1-1** apresenta a identificação das amostras enviadas para o laboratório.

Tabela 4.4.1-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Laboratório	Parâmetros Analisados
ST/PMN-01	ConAm_SO_3258	16/11/2015	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3259		1,00		
	ConAm_SO_3260	16/11/2015	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3261		1,00		
ST/PMN-02	ConAm_SO_3262	13/01/2016	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3263		1,00		
	ConAm_SO_3264	13/01/2016	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3265		1,00		
ST/PMN-03	ConAm_SO_3266	10/12/2015	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3267		1,00		
	ConAm_SO_3268	10/12/2015	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3269		1,00		
ST/PMN-04	ConAm_SO_3270	17/11/2015	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3271		1,00		
	ConAm_SO_3272	17/11/2015	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3273		1,00		
ST/PMN-05	ConAm_SO_3274	30/11/2015	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3275		1,00		
	ConAm_SO_3276	30/11/2015	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3277		1,00		
ST/PMN-07	ConAm_SO_3278	18/11/2015	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3279		1,00		
	ConAm_SO_3280	18/11/2015	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3281		1,00		
ST/PMN-09	ConAm_SO_3282	02/12/2015	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3283		1,00		
	ConAm_SO_3284	02/12/2015	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3285		1,00		
ST/PMN-17	ConAm_SO_3286	10/02/2016	0,30	Analytical	SVOC - TIC
	ConAm_SO_3287		1,00		
	ConAm_SO_3288	10/02/2016	0,30	Ceimic	VOC - TIC
	ConAm_SO_3289		1,00		

4.4.2 Amostragem de Solo para análise Geotécnica

Foram realizadas análises de parâmetros geotécnicos de granulometria, matéria orgânica, fração orgânica de carbono (FOC), carbono orgânico total (TOC), densidade real e aparente, umidade, porosidade total e porosidade efetiva, em alguns pontos selecionados.

Durante a etapa de instalação de poços de monitoramento de água subterrânea, detalhada mais adiante, foram realizadas sondagens guia para instalação dos poços, e em seguida, perfuração por *hollow stem auger*. Das sondagens *direct push* foram coletadas amostras deformadas, acondicionadas diretamente em sacos zip. E foram aproveitadas as perfurações *hollow* para coleta de amostras de solos indeformadas, em cilindros de aço inox com cerca de 5,00 cm de comprimento.

Após a coleta, o cilindro contendo as amostras foi lacrado com tampas de cores distintas para identificação de topo e base da amostra e posteriormente inserida em um saco zip. A **Figura 13** apresenta o método realizado para coleta de amostra indeformada.



Figura 13 – Cilindro para coleta de amostra indeformada

Todas as amostras foram encaminhadas para o laboratório *Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.*

A cadeia de custódia encontra-se no **Anexo VIII**. A **Tabela 4.4.2-1** apresenta a identificação das amostras enviadas para o laboratório.

Tabela 4.4.2-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Camada / Perfil estratigráfico	Parâmetros Analisados
ST/PMN-01	ConAm_SO_3290	16/11/2015	1,00	Aterro	Geotecnia: Granulometria, MO, FOC, TOC Densidade aparente e real, Umidade, Porosidade Total e Efetiva
	ConAm_SO_3292		9,50	Areia	
ST/PMN-03	ConAm_SO_3296	10/12/2015	0,50	Aterro	
	ConAm_SO_3297		7,50	Argila Orgânica	
ST/PMN-04	ConAm_SO_3299	17/11/2015	1,00	Aterro	
	ConAm_SO_3300		3,50	Argila	
	ConAm_SO_3301		7,50	Areia	
ST/PMN-05	ConAm_SO_3302	30/11/2015	1,00	Aterro	
ST/PMN-09	ConAm_SO_3308	02/12/2015	0,50	Aterro	
	ConAm_SO_3309		1,00	Argila	
	ConAm_SO_3310		3,50	Silte/Areia	
ST/PMN-16	ConAm_SO_3316	03/12/2015	0,40	Aterro	
	ConAm_SO_3317		3,00	Argila Orgânica	
	ConAm_SO_3303		4,50	Areia	
ST/PMN-17	ConAm_SO_3318	10/02/2016	0,70	Aterro	
	ConAm_SO_3319		4,50	Argila Orgânica	

4.4.3 Amostragem de solo Parque Tietê

Para caracterização de Background regional, foram coletadas amostras de solo na área do Parque Ecológico Tietê para análise química de Metais. As amostras foram coletadas nas sondagens realizadas previamente à instalação dos poços de monitoramento na área.

A identificação das sondagens, amostras e as análises químicas estão resumidas na **Tabela 4.4.3-1**, abaixo.

Tabela 4.4.3-1 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de solo e a numeração da cadeia de custódia.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados*
ST/PMN-21	ConAm_SO_3547	26/01/2016	4,0	<p>Metais (Al, Sb, As, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Ag, Se, V, Zn, Be, Tl, Cr VI)</p>
ST/PMN-21	ConAm_SO_3548	26/01/2016	12,0	
ST/PMN-23	ConAm_SO_3549	19/01/2016	4,0	
ST/PMN-23	ConAm_SO_3550	19/01/2016	12,0	
ST/PMN-24	ConAm_SO_3551	20/01/2016	4,0	
ST/PMN-24	ConAm_SO_3552	20/01/2016	12,0	
ST/PMN-26	ConAm_SO_3553	01/02/2016	4,0	
ST/PMN-26	ConAm_SO_3554	01/02/2016	7,8	
ST/PMN-30	ConAm_SO_3555	02/02/2016	4,0	
ST/PMN-30	ConAm_SO_3556	02/02/2016	6,8	

4.5 Instalação de poços de monitoramento de água subterrânea

Para análise da qualidade da água subterrânea, a instalação de poços de monitoramento guiou-se pelos resultados obtidos das análises de solo, direcionando a localização dos poços em pontos de maior probabilidade de existir a presença de algum contaminante.

Antes da perfuração para instalação dos poços foram conduzidas sondagens guias, para cada poço, distribuídas pela área, até a profundidade de aproximadamente 14m, para descrever o perfil litoestratigráfico da área e orientar a instalação dos poços. Em todos os pontos com indícios de contaminação identificados em alguma das etapas de investigação foram instalados poços de monitoramento de água subterrânea. Os poços profundos, instalados na camada mais condutiva, como a areia, foram preferencialmente instalados na matriz de sedimentos naturais.

Foram instalados 57 poços de monitoramento, baseando-se na Norma ABNT NBR 15495 - Poços de Monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 1: Projeto e Construção (junho/07).

As sondagens para instalação dos poços de monitoramento foram realizadas pelo método de perfuração rotativa a trado helicoidal oco (*hollow stem auger*), também com o equipamento Geoprobe. Neste caso, o equipamento utiliza um trado helicoidal oco de 7", que faz com que o solo suba pelo conforme o avanço em profundidade da sondagem.

A instalação do poço de monitoramento ocorre por dentro do trado oco, que por sua vez serve de revestimento do furo para que não haja interferência camadas litológicas que não são alvo do estudo.

Durante a etapa de perfuração das sondagens multiincremento, atentou-se para pontos com potencial de contaminação que apresentassem características tais como odor, iridescência, ocorrência de borras, entre outros. Tais pontos foram considerados para locação de poços de monitoramento, a fim de avaliar o impacto potencial das anomalias encontradas.

Nos poços rasos, procurou-se posicionar a seção filtrante (2,0 metros) na camada de aterro mais superficial. Já nos poços profundos a seção filtrante (1,0 metro) foi posicionada nas camadas de maior condutividade hidráulica (ex. areias).

Também foram considerados locais de sondagens de estudos anteriores (Servmar.2012), que apresentaram anomalias:

- ST-25 – Bis(2etilhexil)ftalato – Próximo à sondagem S-314
- ST-26 – Resíduo de tinta/solvente – Próximo à sondagem S-350
- ST-30 – Odor químico na sondagem – Próximo à sondagem S-403

Após a instalação, os poços de monitoramento foram desenvolvidos conforme preconizado na Norma ABNT NBR 15495 – Poços de Monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 2: Desenvolvimento (2008). Os perfis construtivos de todos os poços de monitoramento instalados encontram-se no **Anexo VI**.

A **Tabela 4.5-1** apresenta os principais dados construtivos dos poços de monitoramento instalados bem como a justificativa de sua localização. Na **Figura 14**, encontra-se representada em planta a distribuição dos poços de monitoramento.

Tabela 4.5-1 – Principais aspectos construtivos dos poços de monitoramento.

Poço	Data Instalação	Local de Instalação	Coordenadas SIRGAS (2000)	Prof. (m)	N.A. sond. (m)	Seção Filtrante (m)	Justificativa / Seção Filtrante
PM-01	17/11/2015	UD-20 / S-594	346.574,956 E 7.401.977,57 N	4,10	1,5	2,10 – 4,10	Odor de 1,60 a 2,00; TPH /Aterro superficial;
PMN-01	16/11/2015	UD-20 / S-594	346.574,882 E 7.401.977,357 N	10	1,5	9,00 – 10,00	Após Argila Orgânica - Areia grossa
PM-03	11/12/2015	UD-19 / S-551	346.553,719 E 7.402.072,971 N	3,76	1,4	1,76 – 3,76	Odor na sondagem; TPH baixo; Aterro superficial
PMN-03	10/12/2015	UD-19 / S-551	346.551,939 E 7.402.074,32 N	9,5	1,4	8,50 – 9,50	Areia Grossa após argila orgânica preta.
PMN-03b	15/02/2016	UD-19 / S-551	346.551,939 E 7.402.074,32 N	9,5	1,4	8,50 – 9,50	Reinstalação do Poço
PM-04	18/11/2015	UD-14 / S-403	346.503,082 E 7.401.980,039 N	3	1	1,00 – 3,00	ST-30 da Servmar; Odor químico na sondagem; Aterro Superficial
PM-04a	12/02/2016	UD-14 / S-403	346.503,082 E 7.401.980,039 N	4,30	1	2,30 – 4,30	Reinstalação do Poço
PMN-04	17/11/2015	UD-14 / S-403	346.504,629 E 7.401.980,462 N	9,00	1	8,00 – 9,00	Areia Grossa
PM-05	30/11/2015	UD-11 / S-314	346.420,593 E 7.402.043,256 N	4	1,8	2,00 – 4,00	ST-25 Servmar; bis(2-etilhexil)ftalato / Aterro Superficial
PM-06	26/11/2015	UD-12 / S-350	346.414,739 E 7.402.011,074 N	3,70	1	1,70 – 3,70	ST-26 Servmar; Resíduo tinta e solvente Servmar / Aterro Superficial
PMN-06	25/11/2015	UD-12 / S-350	346.415,287 E 7.402.012,004 N	8,4	1	7,40 – 8,40	Areia média a grossa – solo de alteração a 6,00 m

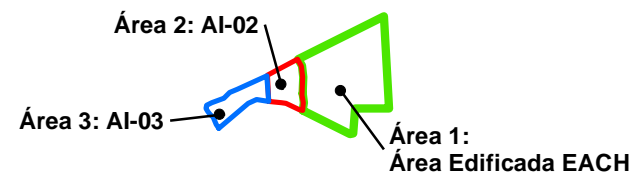
Poço	Data Instalação	Local de Instalação	Coordenadas SIRGAS (2000)	Prof. (m)	N.A. sond. (m)	Seção Filtrante (m)	Justificativa / Seção Filtrante
PM-07	19/11/2015	UD-15 / S-439	346.471,925 E 7.402.058,076 N	3,40	1,5	1,40 – 3,40	Odor e borra oleosa; TPH alto / Aterro Superficial
PM-08	24/11/2015	UD-13 / S-371	346.427,846 E 7.401.944,164	3,55	1,2	1,55 – 3,55	Odor forte de 1,20 a 1,60m / Aterro areia grossa c/ M.O.
PMN-08	24/11/2015	UD-13 / S-371	346.427,230 E 7.401.943,49 N	8,90	1,2	7,90 – 8,90	A 6,00m areia grossa.
PM-09	02/12/2015	UD-09 / S-241	346.350,943 E 7.401.936,861 N	4,50	2	2,50 – 4,50	Odor forte no primeiro liner/ Aterro superficial
PM-10	01/12/2015	UD-08 / S-225	346.335,142 E 7.401.870,64 N	3,50	1,5	1,50 – 3,50	A montante da UD-08 / Aterro Superficial
PMN-10	30/11/2015	UD-08 / S-225	346.335,137 E 7.401.871,495 N	7,00	1,5	6,00 – 7,00	A 6,00 m areia média a grossa
PM-11	12/02/2016	UD-05 / S-127	346.244,097 E 7.401.845,589 N	4,00	1,5	2,00 – 4,00	Argila orgânica preta até 3,40
PMN-11	12/02/2016	UD-05 / S-127	346.244,902 E 7.401.846,455 N	6,00	1	5,00 – 6,00	A 6,00m – areia fina a média com cascalhos
PM-12	26/11/2015	UD-16 / S-460	346.431,718 E 7.402.083,683 N	4,50	2,6	2,50 – 4,50	Odor na Sondagem; Presença benzeno / Aterro superficial
PMN-12	26/11/2015	UD-16 / S-460	346.430,929 E 7.402.084,339 N	9,00	2,6	8,00 – 9,00	A 6,00m – areia argilosa siltosa (fina)
PM-13	19/11/2015	UD-18 / S-539	346.495,71 E 7.402.089,378 N	3,60	1,1	1,60 – 3,60	Aterro Superficial
PM-14	27/11/2015	UD-17 / S-505	346.431,714 E 7.402.083,677 N	3,30	1,1	1,30 – 3,30	Aterro Superficial sem entulho
PMN-14	27/11/2015	UD-17 / S-505	346.465,756 E 7.402.120,318 N	8,40	1,1	7,40 – 8,40	A 6,00m Areia média à grossa
PM-15	23/11/2015	UD-10 / S-297	346.400,47 E 7.401.913,524 N	3,50	2,1	1,50 – 3,50	Aterro Superficial
PMN-15	23/11/2015	UD-10 / S-297	346.401,37 E 7.401.913,577 N	7,20	2,1	6,20 – 7,20	A 6,00m – areia argilosa siltosa (fina)
PM-16	04/12/2015	UD-01 / S-51	346.254,077 E 7.401.656,916 N	3,50	-	1,50 – 3,50	Aterro Superficial
PM-17	11/02/2016	UD-04 / S-93	346.208,874 E 7.401.749,544 N	3,80	1,2	1,80 – 3,80	Aterro superficial, após 1,50 argila orgânica preta
PMN-17	10/02/2016	UD-04 / S-93	346.209,3 E 7.401.748,59 N	6,20	1,2	5,20 – 6,20	A 5,80 areia fina a grossa, alteração
PM-18	16/02/2016	Jusante PM-06	346.385,485 E 7.402.008,576 N	4,30	-	2,30 – 4,30	Detalhar VOC no PM-06
PM-19	24/05/2016	UD-12	346.396,44 E 7.402.001,748 N	5,20	2	3,20 – 5,20	Detalhar VOC no PM-06
PM-20	25/05/2016	UD-12	346.416,684 E 7.401.997,59 N	5,10	2	3,10 – 5,10	Detalhar VOC no PM-06
PM-31	25/05/2016	UD-20	346.539,843 E 7.401.993,633 N	6,00	2,9	4,00 – 6,00	Aterro Superficial
PM-32	25/05/2016	UD-15	346.488,491 E 7.402.033,24 N	7,00	3	5,00 – 7,00	Aterro Superficial
PM-33	25/05/2016	UD-19	346.523,619 E 7.402.036,081 N	6,00	3	4,00 – 6,00	Aterro Superficial
PM-34	25/05/2016	UD-12	346.427,724 E 7.402.014,257 N	5,10	2	3,10 – 5,10	Detalhar VOC no PM-06
PM-35	23/05/2016	UD-14	346.504,946 E 7.401.972,133 N	5,20	2	3,20 – 5,20	Detalhar VOC no PM-04b
PM-36	23/05/2016	UD-14	346.491,338 E 7.401.977,734 N	5,40	1,5	3,40 – 5,40	Detalhar VOC no PM-04b
PM-37	25/05/2016	UD-14	346.503,012 E 7.401.993,922 N	6,00	1,8	4,00 – 6,00	Detalhar VOC no PM-04b




Legenda

- ◆ Poço de Monitoramento Raso
- ◆ Poço de Monitoramento Profundo
- UD-AI3
- UD-AI2

Área de Estudo:



	Título: Localização dos poços de monitoramento AI-02 e AI-03	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP		FIGURA 14



A amostragem da água subterrânea atendeu às especificações contidas no Sub-Anexo 03 do Anexo IV a que se refere o artigo 1º, inciso IV, da Decisão de Diretoria (nº 010/2006/C) da CETESB e foi realizada pela ConAm Consultoria Ambiental acreditada pelo INMETRO sob nº CRL 1116.

A purga dos poços foi realizada segundo metodologia preconizada na norma ABNT NBR 15487:2010 – Amostragem de Água Subterrânea em Poços de Monitoramento – Métodos de Purga, promovendo a renovação da água do aquífero, de forma a assegurar que a água subterrânea seja representativa da formação no momento da amostragem.

A coleta da água subterrânea foi realizada pelo método de baixa-vazão, utilizando bomba submersível pneumática, com painel controlador digital, unidade de alimentação e célula de fluxo ou bomba peristáltica com célula de fluxo.

O **Anexo X** apresenta os certificados de calibração do medidor multiparâmetro utilizado para estabilização dos parâmetros indicativos da qualidade da água.

A amostragem é realizada após a estabilização da coluna d'água para vazão de purga e dos parâmetros indicativos da qualidade da água (pH, Condutividade Elétrica - CE, Oxigênio Dissolvido - OD, Potencial de Oxirredução - ORP e Temperatura). As amostras foram filtradas em campo para análise de metais dissolvidos.

Os frascos utilizados para a coleta foram fornecidos pelo laboratório e são apropriados para os diferentes parâmetros a serem analisados. Após a coleta, os frascos foram identificados, acondicionados em caixa térmica e mantidos resfriados (em torno de 4°C), até a entrega ao laboratório, devidamente acompanhada de cadeia de custódia.

Após a amostragem de água, os poços foram fechados e lacrados para evitar interferências futuras de pessoas não autorizadas. Visando garantir o sigilo do trabalho e a qualidade do resultado, adotou-se para as amostras coletadas uma identificação interna, apresentada na **Tabela 4.5-2**.

As Cadeias de Custódia podem ser consultadas no **Anexo XII**.

Tabela 4.5-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de água subterrânea e a numeração da cadeia de custódia – AI-02 e AI-03.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Parâmetros Analisados
PM-01	ConAm_AS_5530	19/01/2016	<ul style="list-style-type: none"> • Metais totais e dissolvidos: alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo hexavalente, cromo total, estanho, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio, zinco; • VOC; • SVOC; • PCB; • POC; • Indicadores de contaminação: carbono orgânico dissolvido, DBO, DQO, surfactantes, metano, sulfeto; • Alcalinidades: alcalinidade em bicarbonato, alcalinidade em carbonato, alcalinidade em hidróxido; • Ânions maiores: cloreto, fluoreto, fosfato, sulfato; • Cátions maiores: cálcio, magnésio, potássio, sódio; • Série do nitrogênio: N orgânico, N albuminóide, N kjeldahl, N amoniacal, N nitrito e N nitrato;
PMN-01	ConAm_AS_5531	19/01/2016	
PM-03	ConAm_AS_5532	18/01/2016	
PMN-03	ConAm_AS_5533	22/02/2016	
PM-04*	ConAm_AS_5534	24/02/2016	
PMN-04	ConAm_AS_5535	19/01/2016	
PM-05	ConAm_AS_5536	20/01/2016	
PM-06	ConAm_AS_5537	20/01/2016	
PMN-06	ConAm_AS_5538	20/01/2016	
PM-07*	ConAm_AS_5539	22/01/2016	
PM-08	ConAm_AS_5540	20/01/2016	
PMN-08	ConAm_AS_5541	20/01/2016	
PM-09	ConAm_AS_5542	22/01/2016	
PM-10	ConAm_AS_5543	22/01/2016	
PMN-10	ConAm_AS_5544	22/01/2016	
PM-12	ConAm_AS_5545	21/01/2016	
PMN-12	ConAm_AS_5546	20/01/2016	
PM-13	ConAm_AS_5547	21/01/2016	
PM-14	ConAm_AS_5548	21/01/2016	
PMN-14	ConAm_AS_5549	21/01/2016	
PM-15	ConAm_AS_5550	21/01/2016	
PMN-15	ConAm_AS_5551	21/01/2016	
PM-16	ConAm_AS_5552	22/01/2016	
PM-11	ConAm_AS_5556	23/02/2016	
PMN-11	ConAm_AS_5557	23/02/2016	
PM-17*	ConAm_AS_5558	24/02/2016	
PMN-17	ConAm_AS_5559	23/02/2016	
PM-18	ConAm_AS_5686	23/02/2016	
PM-31	ConAm_AS_6864	06/06/2018	
PM-32	ConAm_AS_6865	06/06/2019	
PM-33	ConAm_AS_6866	06/06/2020	
PM-19	ConAm_AS_6862	06/06/2016	
PM-20	ConAm_AS_6863	06/06/2016	
PM-34	ConAm_AS_6867	06/06/2016	
PM-35	ConAm_AS_6868	06/06/2016	
PM-36	ConAm_AS_6869	06/06/2016	
PM-37	ConAm_AS_6870	06/06/2016	
PMN-03	ConAm_AS_6871	06/06/2016	
			VOC
			Chumbo Total e Dissolvido

*Poços coletados em purga mínima

4.5.1 Instalação de Poços no Parque Tietê

Para caracterização de *Background* regional, e também para realização do Estudo Hidrogeoquímico da região, foram instalados 20 poços na área do Parque Ecológico Tietê. A área foi selecionada por se tratar de uma área não manipulada por atividades antrópicas e sem indícios de deposição de aterro. Os principais aspectos construtivos podem ser observados na **Tabela 4.5.1-1** e a localização dos poços pode ser observado na **Figura 15**.

Tabela 4.5.1-1 – Principais aspectos construtivos dos poços de monitoramento do Parque Tietê.

Poço	Data Instalação	Coordenadas SIRGAS (2000)	Prof. (m)	N.A. sond. (m)	Seção Filtrante (m)	Justificativa / Seção Filtrante
PM-21	27/01/2016	346.274,3771 E 7.402.123,6933 N	4,20	1,00	2,20 – 4,20	Camada condutiva areia média
PMN-21	26/01/2016	346.273,876 E 7.402.124,4074 N	12,00	1,00	11,00 – 12,00	Camada condutiva areia média à grossa
PM-22	22/01/2016	346.246,6718 E 7.402.201,7272 N	4,00	1,00	2,00 – 4,00	Camada condutiva areia grossa
PMN-22	22/01/2016	346.247,6742 E 7.402.202,038 N	12,00	1,00	11,00 – 12,00	Camada condutiva areia média à grossa e grossa.
PM-23	20/01/2016	346.303,0649 E 7.402.198,3421 N	4,00	1,00	2,00 – 4,00	Camada condutiva de areia fina e média
PMN-23	19/01/2016	346.302,8809 E 7.402.199,9165 N	12,00	1,00	11,00 – 12,00	Camada condutiva areia grossa
PM-24	21/01/2016	346.307,1194 E 7.402.284,1056 N	4,60	1,10	2,60 – 4,60	Camadas condutivas areia fina e grossa.
PMN-24	21/01/2016	346.307,7499 E 7.402.283,3811 N	12,00	1,10	11,00 – 12,00	Camadas condutivas areia média à grossa e grossa
PM-25	18/01/2016	346.386,1716 E 7.402.306,0269 N	4,00	2,00	2,00 – 4,00	Camada condutiva areia fina
PMN-25	18/01/2016	346.385,6952 E 7.402.306,5932 N	9,00	2,00	8,00 – 9,00	Camadas condutivas de areia média e grossa
PM-26	01/02/2016	346.372,925 E 7.402.383,9145 N	4,00	1,50	2,00 – 4,00	Areia Argilosa
PMN-26	01/02/2016	346.373,7638 E 7.402.383,3094 N	7,80	1,50	6,80 – 7,80	Areia fina
PM-27	29/01/2016	346.424,9664 E 7.402.390,0289 N	4,00	1,10	2,00 – 4,00	Camadas condutivas areia fina e grossa
PMN-27	29/01/2016	346.425,9521 E 7.402.390,9659 N	12,00	1,10	11,00 – 12,00	Camada condutiva areia média à grossa
PM-28	04/02/2016	346404,9211 E 7402443,5522 N	4,00	1,40	1,90 – 3,90	Areia Fina / Grossa
PMN-28	04/02/2016	346.403,9619 E 7.402.444,1344 N	7,00	1,40	5,80 – 6,80	Areia Média
PM-29	04/02/2016	346.443,6346 7.402.487,8637	4,00	1,30	2,00 – 4,00	Areia Fina / Média
PMN-29	03/02/2016	346.443,0214 E 7.402.487,0982 N	8,10	1,30	7,10 – 8,10	Areia Grossa
PM-30	03/02/2016	346.465,4642 E 7.402.450,6795 N	4,00	1,00	2,00 – 4,00	Areia Fina
PMN-30	02/02/2016	346.466,5068 E 7.402.450,6629 N	8,00	1,00	7,00 – 8,00	Areia Média / Grossa

As amostras de água subterrânea coletadas dos poços de monitoramento do Parque Tietê foram identificadas conforme nomenclatura da **Tabela 4.5.1-2** bem como os parâmetros que foram analisados em laboratório.

Tabela 4.5.1-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de água subterrânea e a numeração da cadeia de custódia – Parque Tietê.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Parâmetros Analisados
PM-21	ConAm_AS_5560	12/02/2016	<ul style="list-style-type: none"> • Metais totais e dissolvidos: alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo hexavalente, cromo total, estanho, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio, zinco; • VOC; • SVOC; • PCB; • POC; • Indicadores de contaminação: carbono orgânico dissolvido, DBO, DQO, surfactantes, metano, sulfeto; • Alcalinidades: alcalinidade em bicarbonato, alcalinidade em carbonato, alcalinidade em hidróxido; • Ânions maiores: cloreto, fluoreto, fosfato, sulfato; • Cátions maiores: cálcio, magnésio, potássio, sódio; • Série do nitrogênio: N orgânico, N albuminóide, N kjeldahl, N amoniacal, N nitrito e N nitrato;
PMN-21	ConAm_AS_5561	12/02/2016	
PM-22	ConAm_AS_5562	12/02/2016	
PMN-22	ConAm_AS_5563	12/02/2016	
PM-23	ConAm_AS_5564	15/02/2016	
PMN-23*	ConAm_AS_5565	24/02/2016	
PM-24	ConAm_AS_5566	15/02/2016	
PMN-24	ConAm_AS_5567	15/02/2016	
PM-25	ConAm_AS_5568	24/02/2016	
PMN-25	ConAm_AS_5569	25/02/2016	
PM-26	ConAm_AS_5570	15/02/2016	
PMN-26	ConAm_AS_5571	15/02/2016	
PM-27	ConAm_AS_5572	16/02/2016	
PMN-27	ConAm_AS_5573	24/02/2016	
PM-28	ConAm_AS_5574	16/02/2016	
PMN-28	ConAm_AS_5575	16/02/2016	
PM-29	ConAm_AS_5576	15/02/2016	
PMN-29	ConAm_AS_5577	15/02/2016	
PM-30	ConAm_AS_5578	15/02/2016	
PMN-30	ConAm_AS_5579	16/02/2016	

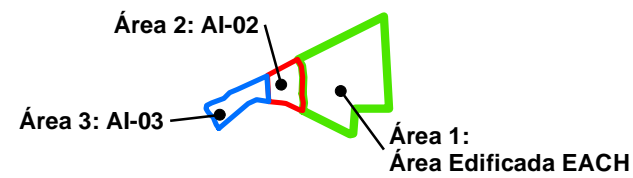
*Poços coletados em purga mínima



- Legenda**
- ◆ Poço de Monitoramento Raso
 - ◆ Poço de Monitoramento Profundo

Área Investigada Parque Tietê

Área de Estudo:



	Título: Localização dos poços de monitoramento Parque Tietê	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 15	

4.5.2 Amostragem de Poços na área AI-01

Visando obter um diagnóstico mais amplo da área ocupada pela USP e produzir um modelo hidroquímico mais representativo, optou-se pela amostragem de 10 poços de monitoramento pré-existent na área AI-01.

Os poços de monitoramento foram selecionados baseados nas informações pretéritas de: apresentaram alguma contaminação; maior e menor pH, maior e menor condutividade elétrica, e maior e menor potencial de oxirredução. A **Tabela 4.5.2-1** apresenta as principais características construtivas dos poços instalados em estudos anteriores. O **Anexo VI** apresenta os perfis de sondagens obtidos do Relatório do IPT (2011).

Tabela 4.5.2-1 – Principais aspectos construtivos dos poços de monitoramento da Área AI-01.

Poço	Data Instalação	Coordenadas SIRGAS (2000)	Prof. (m)	N.A. sond. (m)	Seção Filtrante (m)	Justificativa / Seção Filtrante
*PM-01 (AI-01)	---	346.647,271 E 7.402.244,655 N	5,30	3,00	1,30 – 5,30	---
**PM-04/ PM-06 (AI-01)	---	346.583,314 E 7.402.166,074 N	5,30	3,00	1,30 – 5,30	---
**PM-06/ PM-09 (AI-01)	---	346.867,77 E 7.402.269,099 N	4,50	1,50	0,50 – 4,50	---
**PM-15/ PM-04A (AI-01)	---	346.929,041 E 7.402.321,492 N	9,50	6,65	5,50 – 9,50	---
**PM-17 (AI-01)	---	346.747,494 E 7.402.458,542 N	5,70	3,70	2,70 – 5,70	---
***PM-27 (AI-01)	31/10/2013	346.743,917 E 7.402.190,965 N	4,90	2,67	2,90 – 4,90	ST-32 – Maior valor de VOC na coleta de solo
***PM-27A (AI-01)	04/11/2013	346.743,163 E 7.402.190,319 N	9,23	7,33	8,23 – 9,23	ST-106 – Investigação do aquífero inferior
***PM-39 (AI-01)	23/12/2013	346.853,804 E 7.402.089,945 N	4,90	2,20	2,90 – 4,90	ST-98 – local que apresentou algumas SQI
***PM-39 ^a (AI-01)	23/12/2013	346.853,007 E 7.402.089,379 N	8,80	1,90	7,80 – 8,80	ST-107 – Investigação do aquífero inferior
***PM-38 (AI-01)	23/12/2013	346.797,775 E 7.402.218,026 N	4,20	2,00	2,20 – 4,20	ST-05 – local que apresentou algumas SQI

Fonte: *Servmar (2005); **IPT (2011); ***Servmar (2014).

A identificação dos poços amostrados e as análises químicas estão resumidas na **Tabela 4.5.2-2**, abaixo.

Tabela 4.5.2-2 – Correspondência entre a nomenclatura das amostras de água subterrânea e a numeração da cadeia de custódia – AI-01.

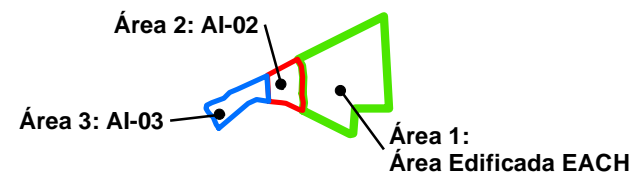
Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Parâmetros Analisados
PM-01 (AI-01)	ConAm_AS_5580	11/02/2016	<ul style="list-style-type: none"> • Metais totais e dissolvidos: alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo hexavalente, cromo total, estanho, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio, zinco; • VOC; • SVOC; • PCB; • POC; • Indicadores de contaminação: carbono orgânico dissolvido, DBO, DQO, surfactantes, metano, sulfeto; • Alcalinidades: alcalinidade em bicarbonato, alcalinidade em carbonato, alcalinidade em hidróxido; • Ânions maiores: cloreto, fluoreto, fosfato, sulfato; • Cátions maiores: cálcio, magnésio, potássio, sódio; • Série do nitrogênio: N orgânico, N albuminóide, N kjeldahl, N amoniacal, N nitrito e N nitrato;
PM-04/PM-06 (AI-01)	ConAm_AS_5581	11/02/2016	
PM-06/PM-09 (AI-01)	ConAm_AS_5582	11/02/2016	
PM-15/PM-04A (AI-01)	ConAm_AS_5583	12/02/2016	
PM-17 (AI-01)	ConAm_AS_5584	11/02/2016	
PM-27 (AI-01)	ConAm_AS_5585	11/02/2016	
PM-27A (AI-01)	ConAm_AS_5586	11/02/2016	
PM-39 (AI-01)	ConAm_AS_5587	11/02/2016	
PM-39A (AI-01)	ConAm_AS_5588	11/02/2016	
PM-38 (AI-01)	ConAm_AS_5589	11/02/2016	




Legenda

- ◆ Poço de Monitoramento Raso
- ◆ Poço de Monitoramento Profundo

Área de Estudo:



	Título: Localização dos poços de monitoramento selecionados na AI-01	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 16	

4.6 Gerenciamento de Resíduos

Durante as etapas de realização de sondagens, perfuração e instalação de poços de monitoramento foi realizado gerenciamento ambiental dos resíduos e efluentes líquidos gerados.

Ainda que os solos devam ser enquadrados como resíduos da construção civil classe A, conforme CONAMA 307/02, por se tratar de solo escavado de área com potencial de contaminação, e, adotando-se o princípio da precaução, o solo foi caracterizado e classificado conforme preconizam as normas da ABNT destinadas a resíduos sólidos.

Os efluentes líquidos são provenientes da lavagem dos equipamentos de sondagens, hastes metálicas e brocas Hollow, e também água subterrânea retirada nos processos de pré-desenvolvimento, desenvolvimento e amostragem dos poços de monitoramento. Os efluentes líquidos foram tratados por meio de um sistema de filtragem com cascalho, areia e carvão ativado. Posteriormente, a água tratada foi encaminhada para o córrego que delimita a área de estudo. O sistema de tratamento se encontra ilustrado no Relatório Fotográfico, no **Anexo IV**.

Os resíduos sólidos são os excedentes do próprio solo coletado, bem como materiais descartáveis utilizados na amostragem de solo e água subterrânea, tais como liners, sacos zip, luvas de procedimento, mangueiras, entre outros. Foram armazenados em tambores e mantidos no canteiro da área até destinação final.

Conforme o Relatório de Caracterização de Solo e Resíduos (ConAm, 2016), o solo excedente proveniente das sondagens foi classificado como Resíduo Classe II-A – Não Perigoso e Não Inerte. Assim, os tambores contendo esses resíduos foram destinados ao aterro Lara, em Mauá – SP, sem a necessidade de emissão de CADRI, conforme parecer emitido pela CETESB, PA nº 00142/13.

O Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR, os Comprovantes de Pesagem dos tambores destinados ao aterro Lara (Total de 11.660 kg), e o Parecer citado anteriormente se encontram presentes no **Anexo XVI**.

Os materiais descartáveis utilizados na amostragem de água subterrânea, tais como luvas, mangueiras, frascos descartados, bem como os materiais usados no sistema de lavagem de equipamentos e tratamento de resíduos líquidos, incluindo a lona da piscina, mangueiras, tubos, bombonas com lodo residual e o próprio filtro saturado,

seguindo o mesmo princípio da precaução, foram considerados como resíduos Classe I – Perigosos, e destinados ao aterro de resíduos perigosos Resicontrol, em Tremembé – SP. Para tanto, foi utilizado o CADRI de resíduos perigosos da ConAm. O Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR e os Comprovantes de Pesagem dos resíduos destinados ao aterro Resicontrol se encontram presentes no **Anexo XVI**.

4.7 Análises Químicas

Todas as análises da investigação detalhada foram realizadas pelos laboratórios *Analytical Technology Serviços Analíticos Ambientais Ltda.*, e *Ceimic Análises Ambientais Ltda.*, em São Paulo (SP), ambos acreditados pela CGCRE/ INMETRO – ABNT NBR ISSO/IEC 17.025. O laboratório Ceimic foi responsável exclusivamente pelas análises de VOC-TIC.

Os métodos analíticos utilizados pelos laboratórios foram descritos pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), e pela SMEWW 21^a e 22^a Ed. (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*), ambos dos Estados Unidos, são esses:

- USEPA 6010 C – “*Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*” para Metais em água subterrânea e solo;
- USEPA 8260 C – “*Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)*” para Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) em água subterrânea e solo;
- USEPA 8270 D – “*Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography /Mass Spectrometry (GC/MS)*” para Compostos Orgânicos Semi-voláteis (SVOC) em água subterrânea e solo;
- USEPA 3550 C – “*Organic Extraction and Sample Preparation - Ultrasonic Extraction*” como método de extração na matriz de solo;
- USEPA 8081 B – “*Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography*” para Pesticidas Organoclorados em água subterrânea e solo;
- USEPA 8082 A – “*Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography*” para PCBs em água subterrânea e solo;

- USEPA 9056 A – “*Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography*” para ânions Cloreto, Fluoreto, Brometo, Nitrato, Nitrito, Fosfato e Sulfato, em amostras aquosas, ou extração aquosa de sólidos;
- USEPA 7196 A – “*Chromium, hexavalent (Colorimetric)*” para Cromo Hexavalente em água subterrânea;
- USEPA 1631 E – “*Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry*” para Mercúrio em água subterrânea;
- USEPA 7470 A – “*Mercury in Liquid Wastes (Manual Cold-Vapor Technique)*” para Mercúrio em água subterrânea;
- USEPA 8318 A – “*N-Methylcarbamates by high performance liquid chromatography (HPLC)*” para determinados compostos metilcarbamatos em água subterrânea e solo;
- SMEWW 5540 C – “*Surfactants – Anionic Surfactants*” para Surfactantes em água subterrânea;
- SMEWW 4500-CN E – “*Cyanide – Colorimetric Method*” para Cianeto em água subterrânea e solo;
- SMEWW 4500 N-org (21ªEd.) – “*Nitrogen (Organic)*” para Nitrogênio Orgânico em água subterrânea;
- SMEWW 4500-N-org B – “*Nitrogen (Organic) – Macro Kjendahl Method*” para Nitrogênio Kjendahl em água subterrânea;
- SMEWW 4500-S2 D – “*Sulfide – Methylene Blue Method*” para Sulfeto em água subterrânea;
- SMEWW 4500-NH3 A – “*Nitrogen (Ammonia)*” para Amônia em água subterrânea;
- SMEWW 5310 B – “*Total Organic Carbon (TOC) – High-Temperature Combustion Method*” para Carbono Orgânico Total;

- SMEWW 5310 C – “*Total Organic Carbon (TOC) - Persulfate Ultraviolet or Heated Persulfate Oxidation Method*” para Carbono Orgânico Total;
- SMEWW 5210 B – “*Biochemical Oxygen Demand – 5-Day BOD Test*” para Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- SMEWW 5220 D – “*Chemical Oxygen Demand – Closed Reflux, Colorimetric Method*” para Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- SMEWW 2320 B – “*Alkalinity – Titration Method*” para determinar Alcalinidade;
- USEPA Region 1 New England WPD 2002 – “*Technical Guidance for the Natural Attenuation Indicators: Methane, Ethane and Ethene*” para Metano em água subterrânea;
- USEPA 8015 C – “*Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography*”, para TPH na matriz solo;
- SW846-EPA 8260 B – “*Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MC)*” para VOC-TIC;
- SW846-EPA 5035 A – “*Closed System Purg and Trap and Extraction for Volatile Organics In Soil and Waste Samples*” como método de extração para análise de VOC-TIC;
- Método 3545 – “*Pressurized Fluid Extraction*” com cloreto de metileno grau HPLC para extração e posterior identificação dos Compostos Orgânicos Semi-voláteis (SVOC) apolares;
- Método 3545 – “*Pressurized Fluid Extraction*” com acetona grau HPLC para extração e posterior identificação dos Compostos Orgânicos Semi-voláteis (SVOC) polares;

As Cadeias de Custódias das amostras coletadas e enviadas aos laboratórios encontram-se no **Anexo VIII** (Solo) e **Anexo XII** (Água), bem como os *Check Lists* e os Certificados de Recebimento das Amostras no laboratório. Os laudos laboratoriais podem ser encontrados no **Anexo XIV** (Solo) e **Anexo XV** (Água).

4.8 Procedimentos para garantia de qualidade

Durante todo o procedimento de coleta e manuseio das amostras, foram utilizados preferencialmente materiais descartáveis. O material não descartável foi descontaminado através da lavagem com sabão neutro e enxágue com água limpa destilada antes de se iniciar o próximo ponto de amostragem.

O procedimento de garantia, procedência e respeito ao tempo de espera das amostras, segundo os parâmetros analisados, deu-se pelo preenchimento adequado e devido acompanhamento das cadeias de custódia junto às amostras coletadas.

Objetivando a checagem com relação à provável ocorrência de compostos residuais oriundos do uso dos equipamentos de amostragem, foram coletadas amostras de branco de equipamento. Para checar interferência do meio na amostragem, foram também coletadas amostras de branco de campo.

As amostras de branco de equipamento (BE) referem-se a uma quantidade de água deionizada ou destilada, bombeada através do mesmo sistema de amostragem por baixa vazão utilizado, e transferida para frascos de coleta que foram enviados ao laboratório para análise dos compostos de interesse, visando o conhecimento de possível contaminação residual proveniente deste equipamento.

As amostras de branco de campo (BC) referem-se a uma amostra de água coletada, exposta ao ar livre, preservada e transportada com as demais, visando avaliar a contaminação proveniente das condições do campo.

Além destas, foram coletadas duas amostras de duplicata, retirando-se duas amostras ao mesmo tempo em cada local, visando avaliar a precisão das análises químicas.

As amostras estão identificadas na **Tabela 4.8-1**, abaixo.

Tabela 4.8-1 – Amostras de garantia de qualidade.

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Parâmetros Analisados
BC	ConAm_AS_5553	22/01/2016	<ul style="list-style-type: none">Metais totais e dissolvidos: alumínio, antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo hexavalente, cromo total, estanho, ferro, manganês,
BE	ConAm_AS_5554	22/01/2016	
Duplicata PMN-10	ConAm_AS_5555	22/01/2016	
BC	ConAm_AS_5683	16/02/2016	

BE	ConAm_AS_5684	16/02/2016	mercúrio, molibdênio, níquel, prata, selênio, vanádio, zinco; <ul style="list-style-type: none"> • VOC; SVOC; PCB; POC; • COD, DBO, DQO, surfactantes, metano, sulfeto; • Alcalinidades: alcalinidade em bicarbonato, alcalinidade em carbonato, alcalinidade em hidróxido; • Ânions maiores: cloreto, fluoreto, fosfato, sulfato; • Cátions maiores: cálcio, magnésio, potássio, sódio; Série do nitrogênio: N orgânico, N albuminóide, N kjeldahl, N amoniacal, N nitrito e N nitrato;
Duplicata PM-27	ConAm_AS_5685	16/02/2016	
BE	ConAm_AS_6872	06/06/2016	VOC

4.9 Ensaios de Condutividade Hidráulica

Para determinação da condutividade hidráulica na área em estudo foram conduzidos ensaios do tipo *Slug test* e *Bail Test*, em poços instalados nas áreas AI-02, AI-03 e Parque Ecológico do Tietê.

Devido às características do subsolo local, o método de *Bail test* mostrou-se mais eficiente para obtenção dos dados de campo, assim, os testes realizados por *Slug Test*, não foram satisfatórios e não foram apresentados no texto. Uma bomba peristáltica foi empregada para remoção de um volume determinado de água dos poços. A utilização da bomba não influenciou nas medições de nível d'água.

Foram utilizados transdutores de pressão modelo *Cera Diver*, para medição da coluna d'água, e *Baro Diver*, para leitura da pressão atmosférica externa ao poço, visando o cálculo da compensação barométrica das medições de coluna d'água.

A utilização de transdutores de pressão é especialmente recomendada em zonas de alta condutividade, onde é dificultada a aferição manual das mudanças de Nível d'água. O uso desta tecnologia se mostrou eficaz devido às características do subsolo da área em estudo, que possui camadas de alta condutividade, de areia/cascalho, onde foram posicionadas as seções filtrantes dos poços de monitoramento profundos.

O cálculo da condutividade hidráulica foi realizado segundo método de Hvorslev, aplicável para aquíferos não confinados e em poços parcialmente penetrantes, caso do presente estudo.

Os dados coletados em campo de coluna d'água *versus* tempo são compensados barometricamente, resultando em cargas hidráulicas. Essas cargas são normalizadas e plotadas em um gráfico em escala Mono-log ($H-h/H-h_0$). A curva obtida é aproximada por regressão exponencial, resultando uma reta no gráfico mono-log. Em seguida, determina-se graficamente ou por intermédio da equação da regressão, o tempo T_0 , em que a carga normalizada se iguala a 0,37. Este tempo é utilizado na fórmula de Hvorslev para o cálculo da condutividade hidráulica.

A equação da regressão segue a forma abaixo, onde a e b são os coeficientes da regressão exponencial:

$$y = a \cdot e^{bx}$$

Através da equação de regressão, calcula-se T_0 :

$$T_0 = a \cdot e^{b(0,37)}$$

Em seguida, calcula-se a condutividade hidráulica, segundo a fórmula básica do método de Hvorslev:

$$k = \frac{r^2 \cdot \ln\left(L_e/R\right)}{2L_e T_0}$$

Onde:

K – Condutividade Hidráulica (cm/s)

r – Raio do revestimento (cm)

R – Raio do poço (cm)

L_e – Comprimento do filtro (cm)

T_0 = Tempo em que $H/H_0=0,37$ (s)

A figura abaixo ilustra a variação de nível d'água em um Slug test.

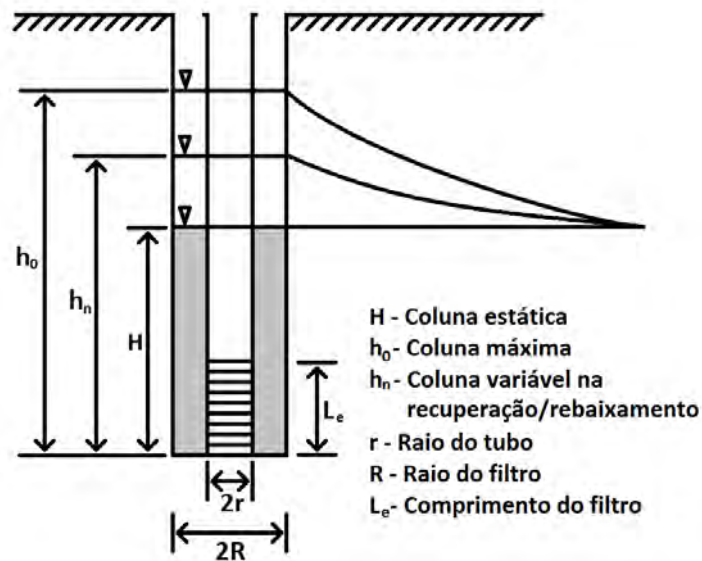


Figura 17 – Variação de coluna d'água no método de Slug Test.

As condutividades hidráulicas calculadas para os poços onde foram realizados ensaios encontram-se resumidas na **Tabela 4.9-1**, abaixo, e os relatórios de ensaio gerados se encontram no **Anexo XIII**.

Tabela 4.9-1 – Resultados de ensaios de Condutividade Hidráulica.

Poço	Condutividade Hidráulica (cm/s)
PM-03	6,30E-05
PM-04	9,17E-06
PM-06	2,14E-04
PM-10	4,25E-04
PM-11	1,53E-03
PM-12	6,74E-05
PM-16	7,24E-04
PM-30	2,95E-03
PMN-03	1,32E-05
PMN-04	3,79E-04
PMN-06	3,45E-03
PMN-11	5,18E-04
PMN-21	9,16E-04
PMN-30	2,69E-04

4.10 Poços de Monitoramento de Gases no solo (PMG)

4.10.1 Instalação dos poços monitoramento de gases

Para o monitoramento da presença de gases no solo, foram executadas 37 (trinta e sete) perfurações para a instalação de poços de monitoramento de gases (PMG), em porções da área de estudo determinadas, conforme apresentado na **Tabela 4.10.1-1**.

As sondagens foram realizadas pelo método *Direct Push* com o equipamento Geoprobe®. Dessa forma, foi cravado um amostrador tubular (*hammer*) com 1 metro de comprimento e 2,25” de diâmetro, retirando o testemunho de solo e possibilitando a abertura do furo de sondagem até a profundidade de instalação do poço de monitoramento de gás. Em seguida, com o auxílio de um tubo guia (PVC 1”) a seção filtrante, com comprimento de 10 ou 30 centímetros, constituída por pedra porosa, foi locada na zona não saturada, aproximadamente 50 centímetros acima da franja capilar. O filtro foi conectado, até a superfície com tubo de nylon, com ¼”, fechado na extremidade com válvula.

O aparato montado baseou-se no guia da ASTM D7663 - 2012 - *Active Soil Gas Sampling in the Vadose Zone for Vapor Intrusion Evaluations* adaptado para as condições locais. Desta forma o ponto de monitoramento consiste em seção filtrante de 1” de diâmetro centralizada em um furo de 2,25”, que alcança a porção de solo avaliada. O pré-filtro foi instalado desde a base da sondagem até cerca de 30 centímetros acima da pedra porosa, sendo então recoberto por um selo de bentonita expansiva na forma de pellets granulada, devidamente umedecida para propiciar uma vedação correta e posteriormente completada com calda cimento/bentonita. Na extremidade do tubo, foi instalada uma válvula do tipo Swagelok®, para permitir a conexão ao equipamento de amostragem e avaliação de pressões relativas. Na proximidade da superfície foi construído o selo sanitário de concreto (caixa elevada), sendo o acabamento feito com câmara de calçada.

A **Figura 18** apresenta fotos da instalação dos poços de monitoramento de gases.

No **Anexo VI** é apresentado o perfil descritivo dos pontos instalados e a localização em planta encontra-se representada na **Figura 19**.



Figura 18 – Instalação dos poços de monitoramento de gases no solo

Tabela 4.10.1-1 – Localização e características construtivas dos Poços de Monitoramento de Gases.

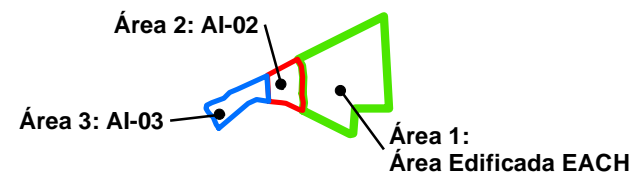
Identificação		Coordenadas (SIRGAS 2000)		Data de Instalação	Prof. (m)	Pedra Porosa (intervalo)
Antiga	Atual	E	N			
PG01	PMG-125A	346.573,72	7.401.976,66	04/01/2016	1,20	1,10 – 1,20
PG01B	PMG-125B	346.574,64	7.401.977,06	04/01/2016	2,00	1,70 – 2,00
PG02A	PMG-126A	346.407,39	7.401.982,84	06/01/2016	1,60	1,50 – 1,60
PG02B	PMG-126B	346.416,22	7.401.975,96	06/01/2016	0,50	0,20 – 0,50
PG02C	PMG-126C	346.415,63	7.401.975,49	13/01/2016	1,60	1,30 – 1,60
PG03A	PMG-127A	346.554,69	7.402.074,28	07/01/2016	1,00	0,70 – 1,00
PG04	PMG-128A	346.503,90	7.401.981,98	05/01/2016	0,80	0,70 – 0,80
PG04B	PMG-128B	346.504,77	7.401.981,76	05/01/2016	2,00	1,70 – 2,00
PG05	PMG-129A	346.421,46	7.402.043,92	05/01/2016	1,00	0,90 – 1,00
PG05B	PMG-129B	346.421,67	7.402.042,38	05/01/2016	2,00	1,70 – 2,00
PG06	PMG-130A	346.414,38	7.402.011,93	05/01/2016	0,70	0,60 – 0,70
PG06B	PMG-130B	346.413,70	7.402.011,68	05/01/2016	1,50	1,20 – 1,50
PG07	PMG-131A	346.471,98	7.402.057,04	05/01/2016	0,80	0,70 – 0,80
PG07B	PMG-131B	346.472,82	7.402.056,97	05/01/2016	1,90	1,60 – 1,90
PG08	PMG-132A	346.428,64	7.401.943,31	05/01/2016	0,90	0,80 – 0,90
PG09	PMG-133A	346.350,13	7.401.936,30	06/01/2016	0,70	0,60 – 0,70
PG09B	PMG-133B	346.349,40	7.401.936,90	06/01/2016	1,50	1,20 – 1,50
PG11A	PMG-135A	346.245,72	7.401.844,85	12/02/2016	0,60	0,50 – 0,60
PG11B	PMG-135B	346.245,90	7.401.845,40	12/02/2016	1,30	1,00 – 1,30
PG12	PMG-136A	346.431,38	7.402.082,52	05/01/2016	0,80	0,70 – 0,80
PG12B	PMG-136B	346.430,61	7.402.082,86	05/01/2016	1,50	1,20 – 1,50
PG13	PMG-137A	346.495,69	7.402.090,43	06/01/2016	1,05	0,95 – 1,05
PG14	PMG-138A	346.463,87	7.402.143,85	06/01/2016	1,50	1,20 – 1,50
PG15	PMG-139A	346.400,86	7.401.914,13	06/01/2016	1,10	1,00 – 1,10
PG15B	PMG-139B	346.401,78	7.401.914,61	11/02/2016	1,60	1,30 – 1,60
PG16	PMG-140A	346.255,42	7.401.656,16	12/02/2016	0,50	0,40 – 0,50
PG17	PMG-141A	346.210,32	7.401.747,84	10/02/2016	0,80	0,70 – 0,80
PG18	PMG-142A	346.548,33	7.402.001,95	07/01/2016	0,70	0,60 – 0,70
PG18B	PMG-142B	346.547,34	7.402.003,78	07/01/2016	1,60	1,30 – 1,60
PG19	PMG-143A	346.538,23	7.402.046,72	07/01/2016	1,10	1,00 – 1,10
PG20	PMG-144A	346.489,92	7.402.025,93	06/01/2016	0,70	0,60 – 0,70
PG20B	PMG-144B	346.489,98	7.402.024,40	06/01/2016	1,10	0,80 – 1,10
PG21	PMG-145A	346.464,74	7.401.942,24	06/01/2016	0,80	0,70 – 0,80
PG21B	PMG-145B	346.465,42	7.401.941,51	15/02/2016	1,35	1,05 – 1,35
PG22	PMG-146A	346.442,94	7.402.015,48	06/01/2016	0,90	0,80 – 0,90
PG23	PMG-147A	346.228,99	7.401.830,68	10/02/2016	0,70	0,60 – 0,70
PG24A	PMG-148A	346.163,75	7.401.710,19	10/02/2016	0,30	0,20 – 0,30




Legenda

● poços de gases/vapores

Área de Estudo:



	Título: <i>Localização dos poços monitoramento de gases</i>	Projeto: Contrato nº 11/2015 <i>INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP</i>	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo – SP	FIGURA 19	

4.10.2 Teste de estanqueidade

Os testes de estanqueidade dos poços de monitoramento de gases foram realizados pela empresa *KW Ambiental*, nos dias 26, 27 e 28 de janeiro de 2016, 25/02/2016 e 22/03/2016. Este teste teve por objetivo garantir a boa construção dos poços e verificar a eficácia do selo sanitário, evitando que o ar ambiente superficial não interfira na composição avaliação dos gases coletados nos poços de monitoramento de gases.

Para realização do teste de estanqueidade utilizou-se o gás Hélio como traçador, pois devido a sua molécula muito pequena, permite detectar pontos de vazamentos mínimos. Além disso, o gás Hélio tem as vantagens de ser um gás leve e inerte.

No procedimento são utilizados os seguintes equipamentos:

- Dois analisadores de gás Hélio com resolução de 0,1% e com 1,0% de incerteza sobre a leitura;
- Bomba de sucção (diafragma) regulada para uma vazão menor que 200 ml/min;
- Caixa acrílica denominada *Shroud*; e
- Cilindro de gás Hélio com pureza maior ou igual 99,95%.

Para prosseguimento do teste de estanqueidade, foi colocada na superfície do poço de monitoramento de gases a caixa acrílica (*Shroud*), responsável por “aprisionar” a atmosfera de gás Hélio. Em seguida, foram posicionados os analisadores de Hélio, sendo um na parte interna e o outro na parte externa do sistema.

A bomba de sucção foi conectada ao analisador de gás Hélio externo, que por sua vez, foi conectado ao poço de monitoramento de gases através de uma mangueira de *Nylon* que passa por uma conexão vedada posicionada na parte superior da caixa acrílica (*Shroud*). Já o cilindro de gás Hélio foi conectado ao sistema através de uma mangueira de *Nylon* passando por uma conexão vedada na lateral da caixa.

Após todo o sistema montado, iniciou-se o teste de branco para verificar possíveis interferências do poço durante a medição de Hélio. Ressalta-se que o analisador de Hélio também pode captar outros gases, portanto, após o teste de branco, se for verificada alguma concentração volumétrica no analisador interno, deve-se adotar este valor como *background*.

Realizado o teste de branco, abriu-se a válvula do cilindro de gás Hélio até formar na parte interna da caixa de acrílico (*Shroud*) uma atmosfera com concentração volumétrica maior que 50% de Hélio (monitorada pelo analisador). Ao serem atingidas tais concentrações foi ligada a bomba de sucção conectada ao outro analisador conectado ao poço. Aguardou-se a estabilização da medição e verificou-se se havia ou não vazamento no poço de monitoramento de gases.

O **Anexo IX** apresenta os laudos dos testes de estanqueidade dos poços de monitoramento de gases.

A **Tabela 4.10.2-1** apresenta os resultados dos testes de estanqueidade dos poços de monitoramento de gases instalados.

Tabela 4.10.2-1 – Resultados dos Testes de Estanqueidade com Gás Hélio nos Poços Monitoramento de Gases (PMGs).

Identificação		Data do Teste	Horário	Taxa de Vazamento	Aprovado
Antiga	Atual				
PG01	PMG-125A	26/01/2016	15h 12min	0,0	SIM
PG01B	PMG-125B	Não efetuado devido a presença de água			
PG02A	PMG-126A	27/01/2016	13h 55min	0,0	SIM
PG02B	PMG-126B	27/01/2016	14h 17min	0,0	SIM
PG02C	PMG-126C	28/01/2016	10h 24min	0,0	SIM
PG03A	PMG-127A	26/01/2016	14h 33min	0,5	SIM
PG04	PMG-128A	28/01/2016	11h 32min	0,0	SIM
PG04B	PMG-128B	25/02/2016	15h 38min	0,0	SIM
PG05	PMG-129A	28/01/2016	09h 50min	0,0	SIM
PG05B	PMG-129B	22/03/2016	14h 07min	0,0	SIM
PG06	PMG-130A	28/01/2016	08h 54min	0,0	SIM
PG06B	PMG-130B	28/01/2016	09h 18min	0,0	SIM
PG07	PMG-131A	27/01/2016	10h 53min	0,0	SIM
PG07B	PMG-131B	27/01/2016	11h 11min	0,0	SIM
PG08	PMG-132A	28/01/2016	15h 13min	0,0	SIM
PG09	PMG-133A	28/01/2016	14h 38min	0,0	SIM
PG09B	PMG-133B	28/01/2016	14h 09min	0,0	SIM
PG11A	PMG-135A	22/03/2016	15h 05min	0,0	SIM
PG11B	PMG-135B	22/03/2016	15h 24min	0,0	SIM
PG12	PMG-136A	27/01/2016	11h 37min	0,0	SIM
PG12B	PMG-136B	Não efetuado devido a presença de água			
PG13	PMG-137A	Não efetuado devido a presença de água			
PG14	PMG-138A	27/01/2016	10h 21min	0,0	SIM
PG15	PMG-139A	28/01/2016	13h 40min	0,0	SIM

Identificação		Data do Teste	Horário	Taxa de Vazamento	Aprovado
Antiga	Atual				
PG15B	PMG-139B	25/02/2016	10h 22min	0,0	SIM
PG16	PMG-140A	22/03/2016	15h 23min	0,2	SIM
PG17	PMG-141A	25/02/2016	14h 30min	0,0	SIM
PG18	PMG-142A	27/01/2016	08h 45min	0,0	SIM
PG18B	PMG-142B	22/03/2016	09h 55min	0,0	SIM
PG19	PMG-143A	Não efetuado devido a presença de água			
PG20	PMG-144A	27/01/2016	09h 22min	0,9	SIM
PG20B	PMG-144B	27/01/2016	09h 44min	0,0	SIM
PG21	PMG-145A	25/02/2016	11h 50min	0,0	SIM
PG21B	PMG-145B	Não efetuado devido a presença de água			
PG22	PMG-146A	27/01/2016	13h 24min	0,0	SIM
PG23	PMG-147A	25/02/2016	15h 00min	0,0	SIM
PG24A	PMG-148A	22/03/2016	15h 51min	0,2	SIM



Figura 20 – Teste de estanqueidade – Poços de Monitoramento de Gases

4.10.3 Purga convencional com teste de estanqueidade e monitoramento de parâmetros de gases

Em cada um dos poços de monitoramento de gases também foram realizados novos testes de vazamento e estanqueidade durante a realização da Purga de volume determinado, garantindo-se, assim, que os gases amostrados referiram-se aos situados no subsolo, sem interferências da superfície.

Iniciou-se pelo procedimento de purga, com monitoramento do parâmetro CO₂, de forma a avaliar seus valores estáveis (com tendência a assumir, em ambientes com baixa degradação microbiana, valores baixos de concentração). Posteriormente, introduziu-se o CO₂ na referida câmara, de forma a simular atmosfera rica em concentrações de CO₂, sob pressão positiva, para prosseguimento dos procedimentos de purga. Com as condições de pressão estabelecidas, haveria uma tendência à introdução de gases no arranjo, que seria detectada com o incremento das concentrações do traçador monitorado na purga.

O emprego do traçador deveu-se aos valores de concentração da atmosfera usual, que usualmente apresenta valores nulos para concentração de CO₂ em porcentagem volumétrica (valores verificados em campo com o equipamento *LANDTEC GEM 5000*, cujo certificado de calibração encontra-se no **Anexo IX**).

Prosseguiu-se, então, com um teste de vazamento em cada aparato utilizado, com o aparelho *LANDTEC GEM 5000*, o qual foi conectado em uma das extremidades do amostrador, ao passo que as outras extremidades permaneciam fechadas. O teste consistiu em: ligação do bombeamento do aparelho, aguardo do disparo de alarme sonoro e desligamento automático do bombeamento. Indicou-se, assim, que, daquele momento em diante, não haveria entrada de volume no equipamento por bombeamento. O mesmo teste foi utilizado nos demais itens do sistema (tubos e conexões).

Por fim, no sistema disposto para a amostragem, realizou-se avaliação da instalação e vedação dos pontos de monitoramento. O teste de estanqueidade utilizou câmara de gás carbônico como traçador, para simulação de atmosfera rica em CO₂, sob pressão positiva, ao redor do arranjo.

O procedimento de purga foi realizado utilizando-se o aparelho *Landtec GEM™ 5000 plus – Gas Analyzer & Extraction Monitor*, sendo medidos os parâmetros Metano,

Dióxido de Carbono, Oxigênio, Gás Sulfídrico, pressões relativa, absoluta e temperatura. A duração do procedimento foi calculada com base na vazão do equipamento e volume do ponto de medição, garantindo-se, assim, a entrada de ar representativo do local no momento da amostragem. Os relatórios de coleta e ensaio das medições dos poços de monitoramento de gases e os dados da purga encontram-se no **Anexo IX**.

A purga dos pontos de monitoramento de gases foi realizada em analogia ao método de Purga de Volume Determinado, descrito na Norma ABNT NBR 15847 (2010). Desta forma, o cálculo do volume a ser purgado foi estimado através da soma dos volumes do sistema (perfuração e sonda), multiplicados de três a cinco vezes (de forma conservadora), devido ao volume restrito do aparato e à necessidade de se desenvolver os testes de estanqueidade durante o período da purga.

Assim, o volume foi purgado durante aproximadamente 30 minutos, para cada um dos pontos de medição instalados. Durante a purga, aguardou-se a estabilização dos parâmetros para definição do *background* de valores de concentração no subsolo, para, então, serem desenvolvidos os testes de estanqueidade.



Figura 21 – Monitoramento de parâmetros com Landtec nos PMGs.

4.11 Levantamento Topográfico

Foi realizado levantamento topográfico por meio de receptor geodésico GPS/GNSS móvel, através da técnica RTK associada ao método de rede NTRIP, que atinge precisão de centímetros, horizontalmente e verticalmente. Para tanto, foram utilizados equipamentos e serviços de rede locados pela empresa Alezi Teodolini.

Para confecção de um mapa topográfico local, foram levantados pontos distribuídos pelas três áreas AI-01, AI-02 e AI-03, além de pontos de referência tais como os vértices de prédios existentes e limite de calçadas.

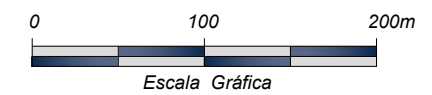
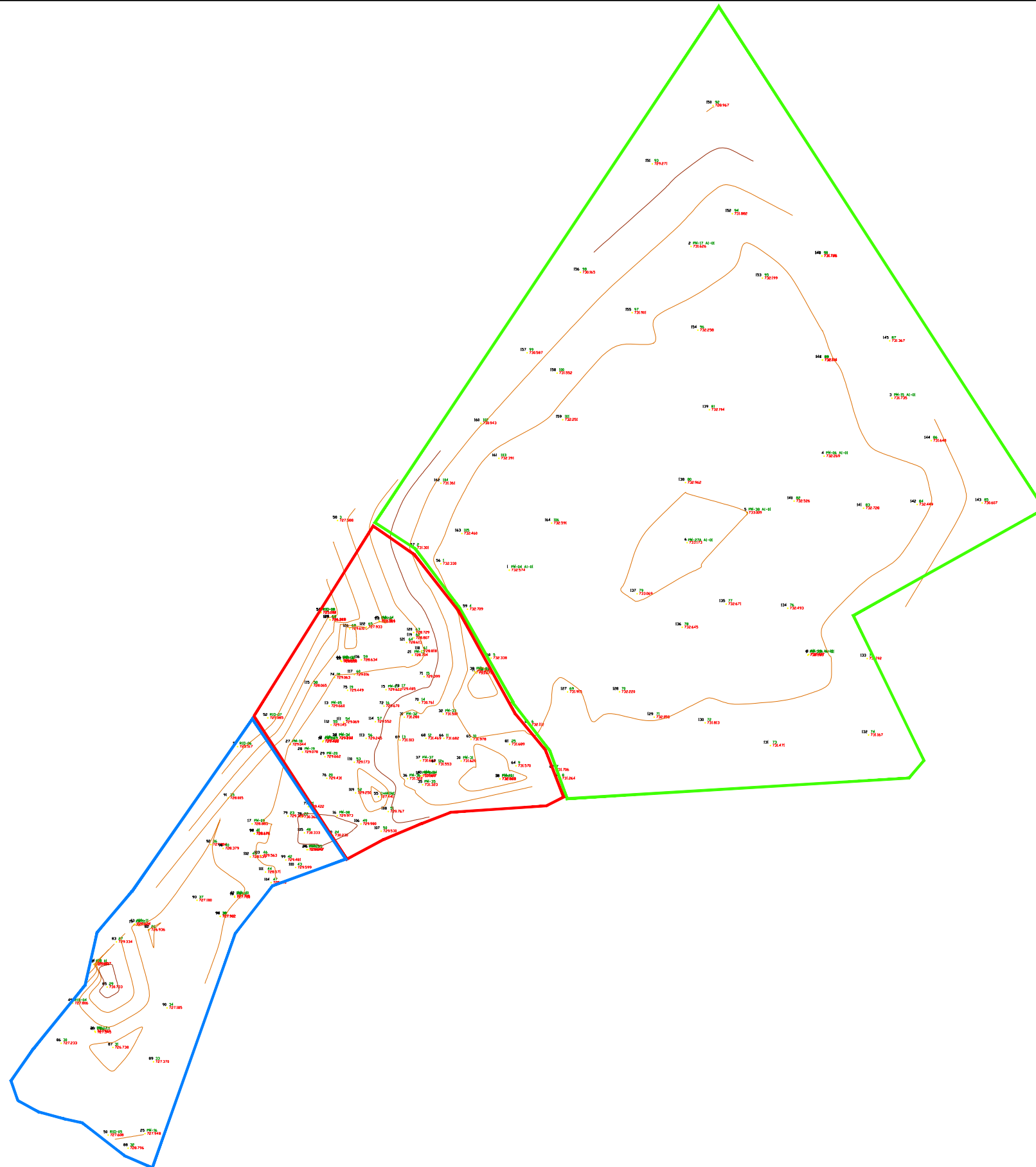
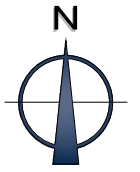
Foi realizado também o levantamento topográfico dos poços de monitoramento de água subterrânea instalados na AI-02, AI-03 e Parque Tietê, dos poços de monitoramento de gases instalados na AI-02 e AI-03 e poços de monitoramento de água subterrânea amostrados da área AI-01.

Adicionalmente, através da comparação entre o levantamento topográfico efetuado neste trabalho e o levantamento topográfico realizado pela Prefeitura de São Paulo em 2004, foi possível obter a espessura média das áreas aterradas, podendo-se ainda estimar o volume aproximado de aterro depositado no local.

As altitudes fornecidas nos dados da Prefeitura são ortométricas, e, para uma correta comparação entre os levantamentos, buscou-se converter os dados coletados no levantamento atual, de altitude SIRGAS 2000 para altitude ortométrica. O software MAPGEO 2015, do IBGE, foi empregado para o cálculo desta correção. O resultado gerado para conversão foi a soma de 3.0 metros nas altitudes do levantamento, resultando em altitudes ortométricas.

A sobreposição dos mapas topográficos foi executada por meio do software livre TopoCal 2016. O volume aproximado de solo depositado no local entre 2004 e 2016 estimado é de aproximadamente 48.000 m³. Considerando a área de deposição de solo de origem externa para aterro ocorrida entre os anos de 2010 e 2011 em aproximadamente 16.600 m², a espessura média do aterro obtida foi de aproximadamente 2,89 metros.


As **Figuras 22 e 23** apresentam, respectivamente, o levantamento topográfico executado, e a comparação deste com o levantamento da Prefeitura (2004).



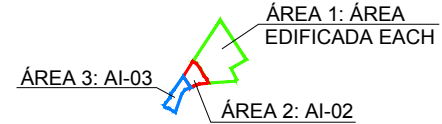
FONTE: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO / 2016

LEGENDA:

 CURVAS DE NÍVEL (m)

 31
+ 726.738 PONTOS COLETADOS EM CAMPO
JUNHO/2016

ÁREA DE ESTUDO:



Título: Levantamento Topográfico da área de estudo	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 22	



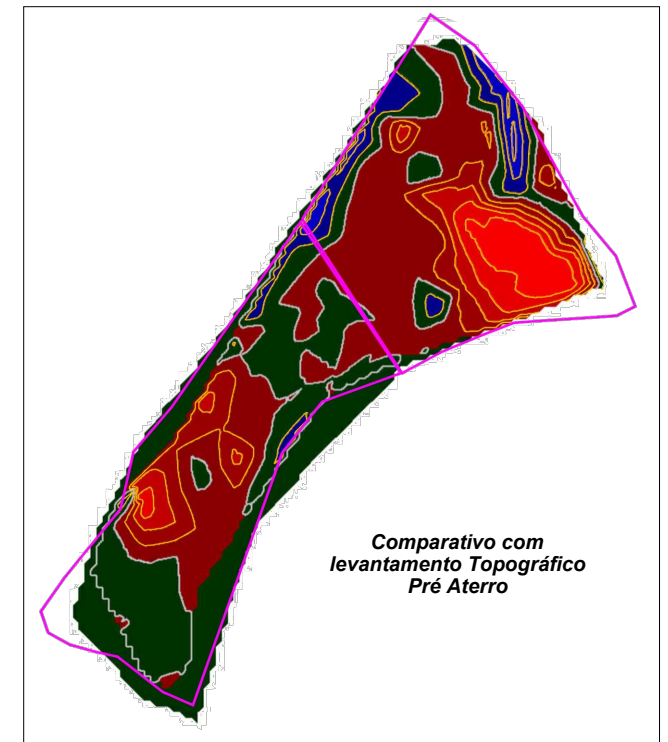
2004

2016



FONTE: MAPA PREFEITURA 2004

FONTE: LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO / 2016

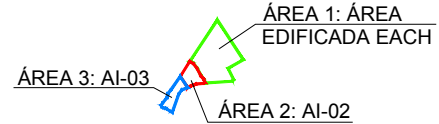


Comparativo com levantamento Topográfico Pré Aterro

LEGENDA:

- CURVAS DE NÍVEL (m)
- PONTOS COLETADOS EM CAMPO JUNHO/2016

ÁREA DE ESTUDO:



Título: Comparativo com levantamento Topográfico Pré Aterro	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 23	

5. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

5.1 Geologia Local

A geologia na área de estudo foi determinada através das 564 sondagens executadas para amostragem de solo multiincremento com profundidade média de 6,00 metros e também pelas sondagens executadas para instalação dos poços de monitoramento multiníveis com profundidade máxima de 12,00 metros. O **Anexo VI** apresenta os perfis descritivos das sondagens, poços de monitoramento de água subterrânea e poços de monitoramento de gases.

As sondagens (S-391 a S-420) da UD-14, (S-421 a S-450) da UD-15 e (S-571 a S-600) da UD-20 são as principais sondagens executadas sobre a área que foi aterrada com solo de origem desconhecida entre os anos de 2010 e 2011.

As **Figuras 24 a 27** apresentam a sobreposição das imagens aéreas de 2009, 2011, 2012 e 2016, disponíveis no Google Earth, com as 564 sondagens executadas nas áreas AI-02 e AI-03.

Na descrição das características tácteis visuais das sondagens executadas, a camada superficial da área AI-02 apresenta o predomínio de “Areia média argilosa, variegada (marrom claro, amarelo, cinza claro, bege avermelhado), com a presença de entulho” – **unidade N**; esse solo pode ser interpretado como o Aterro de solo de origem desconhecida realizado entre os anos de 2010 e 2011. A sondagem S-433 da UD-15 apresenta a maior espessura de aterro, com profundidade estimada de 4,85 metros.

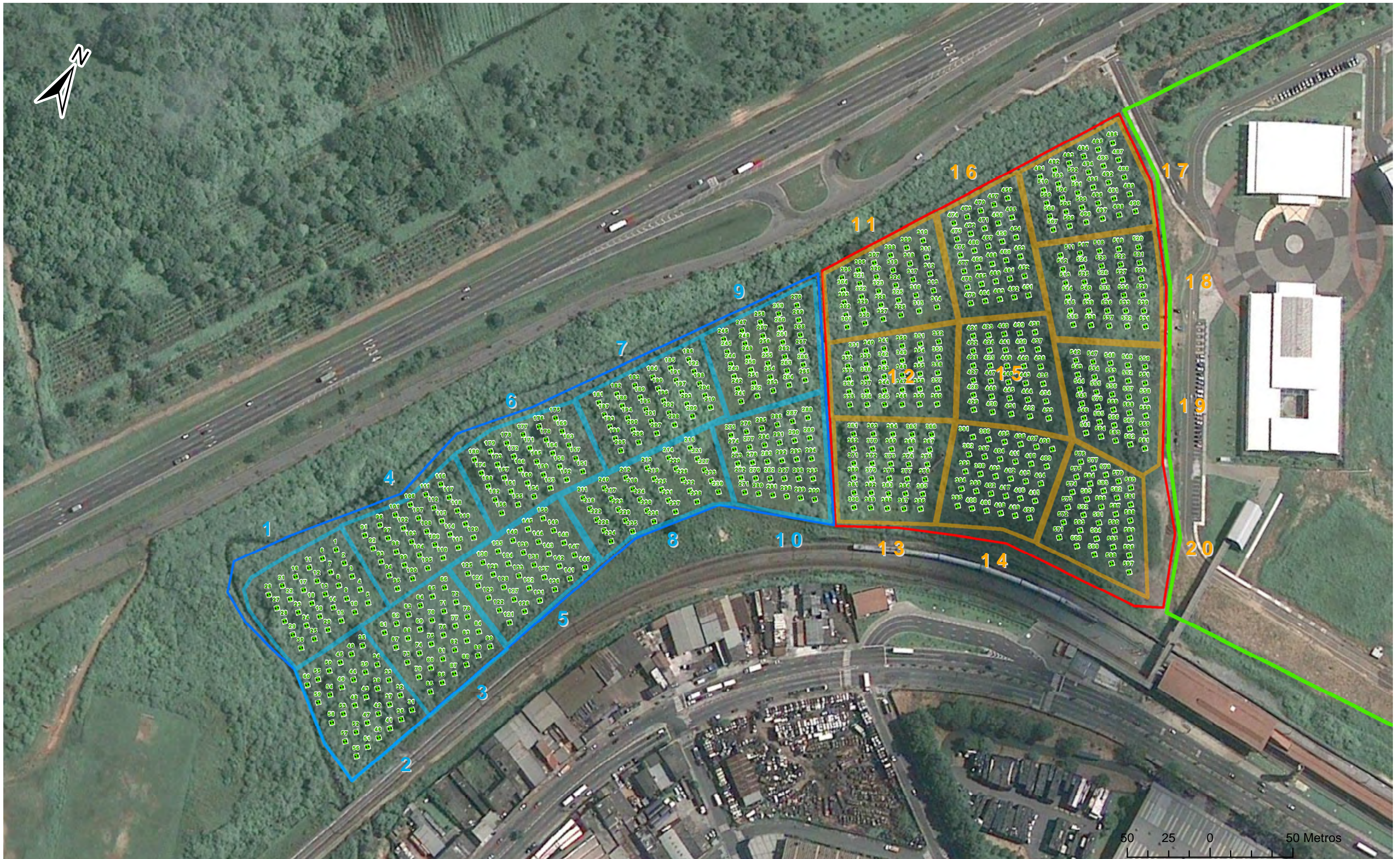
Os locais que não foram aterrados com solo de origem desconhecida entre os anos de 2010 e 2011 apresentam em sua superfície predomínio de “Argila com matéria orgânica (raízes), de cor marrom escuro, marrom claro e marrom avermelhado/amarelado e pode ocorrer com a presença de entulho (concreto, cerâmica, manta asfáltica, plástico), de umidade e compactação moderadas” – **unidade A**. Essa camada também pode ser classificada como aterro e/ou material de dragagem do Rio Tietê, embora não seja possível relacionar esse fato com imagens ou fotografias aéreas.

As **Figuras 28 e 29** apresentam as Seções Geológicas do terreno em Cortes A-A' e B-B'.

De modo geral, a área em estudo situa-se sobre uma camada de aterro, composto em algumas porções por areia e em outras por argila. Essas camadas de aterro apresentam principalmente entulho de construção civil, madeiras e raízes.

Sotoposto a este aterro, verifica-se sedimentos aluvionares compostos principalmente por argilas orgânicas com presença de matéria orgânica (raízes) – **unidade B**, e argilas orgânicas plásticas pouco compactas a compactas – **unidades C e G**, sobrepostos a materiais arenosos finos a arenosos grossos – **unidade D**, provavelmente relacionados ao sedimento quaternário, por depósitos fluviais meandrantos, ou meandros abandonados, onde podem ocorrer argilas e lamias ricas em matéria orgânica, bem como areias e cascalhos. Em alguns locais, verificam-se materiais arenosos grossos com presença de cascalho e seixos, podendo estar associados a paleocanais, visto que no passado essa região era ocupada pelos meandros do Rio Tietê.

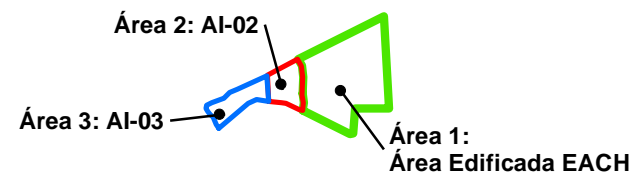
Muitas sondagens da UD-12 (S-331 a S-360) não ultrapassaram a profundidade média de 2,00 metros, mesmo deslocando-se o Geoprobe em vários momentos. Esse fato se deve a presença de “Solo Laterítico – areno – argiloso (caulinítico) com presença de fragmentos de rocha bastante alterados” – **unidade E**, relacionado ao embasamento pré-cambriano. Em outros locais da área de estudo, o solo de alteração também pode ser encontrado próximo à superfície.



Legenda

- ◆ SONDAGENS
- UDs-AI3
- UDs-AI2

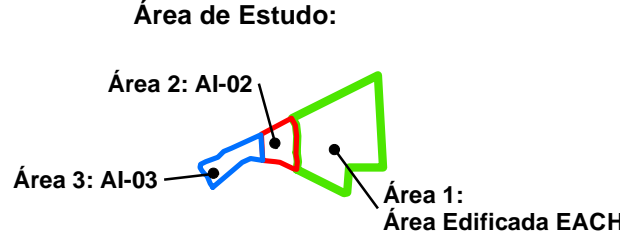
Área de Estudo:



	<p>Título: Foto aérea sondagens 2009</p>	<p>Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP</p>	<p>Data: Janeiro 2017</p>	<p>Escala: Gráfica</p>
	<p>Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP</p>	<p>Local: Município de São Paulo – SP</p>	<p>FIGURA 24</p>	



- Legenda**
- ◆ SONDAGENS
 - UDs-AI3
 - UDs-AI2



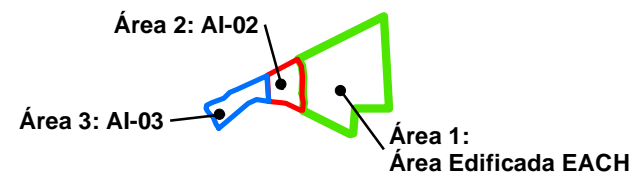
	Título: Foto aérea sondagens 2011	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 25	



Legenda

- ◆ SONDAGENS
- UDs-AI3
- UDs-AI2

Área de Estudo:



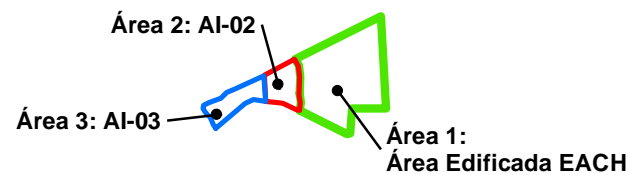
	<p>Título: Foto aérea sondagens 2012</p>	<p>Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP</p>	<p>Data: Janeiro 2017</p>	<p>Escala: Gráfica</p>
	<p>Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP</p>	<p>Local: Município de São Paulo – SP</p>	<p>FIGURA 26</p>	



Legenda

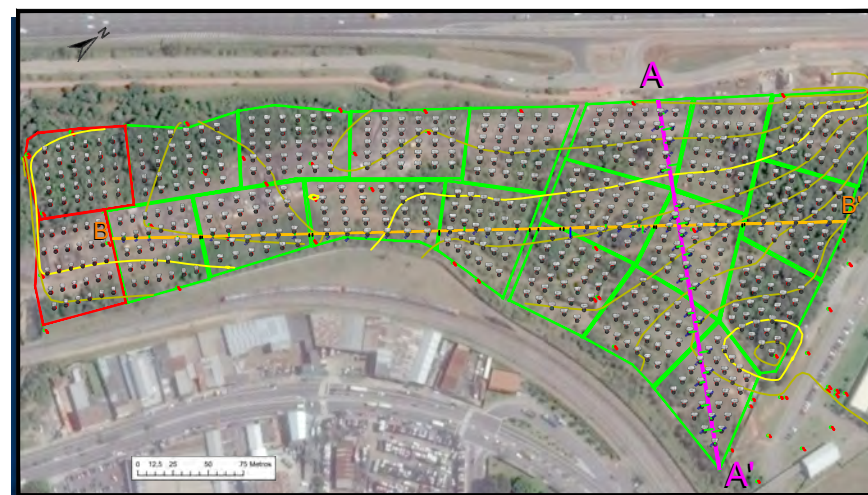
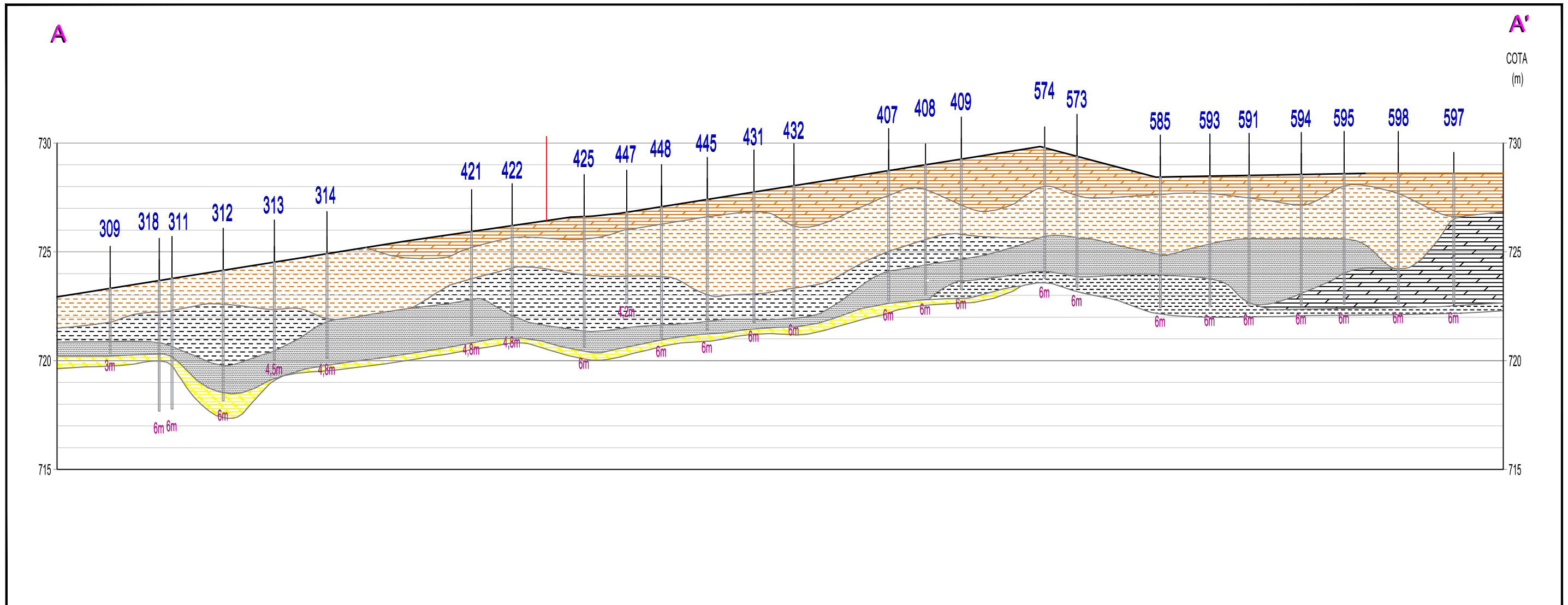
- ◆ SONDAGENS
- UDs-AI3
- UDs-AI2

Área de Estudo:


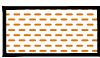
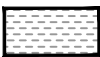





	<p>Título: Foto aérea sondagens 2016</p>	<p>Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP</p>	<p>Data: Janeiro 2017</p>	<p>Escala: Gráfica</p>
	<p>Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP</p>	<p>Local: Município de São Paulo – SP</p>	<p>FIGURA 27</p>	

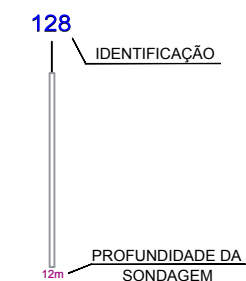
SEÇÃO GEOLÓGICA DE A - A'




DESCRIÇÃO GEOLÓGICA:

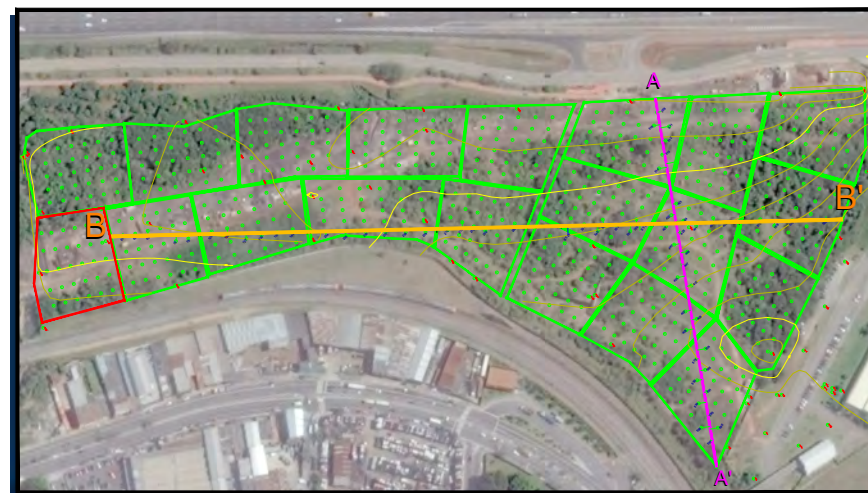
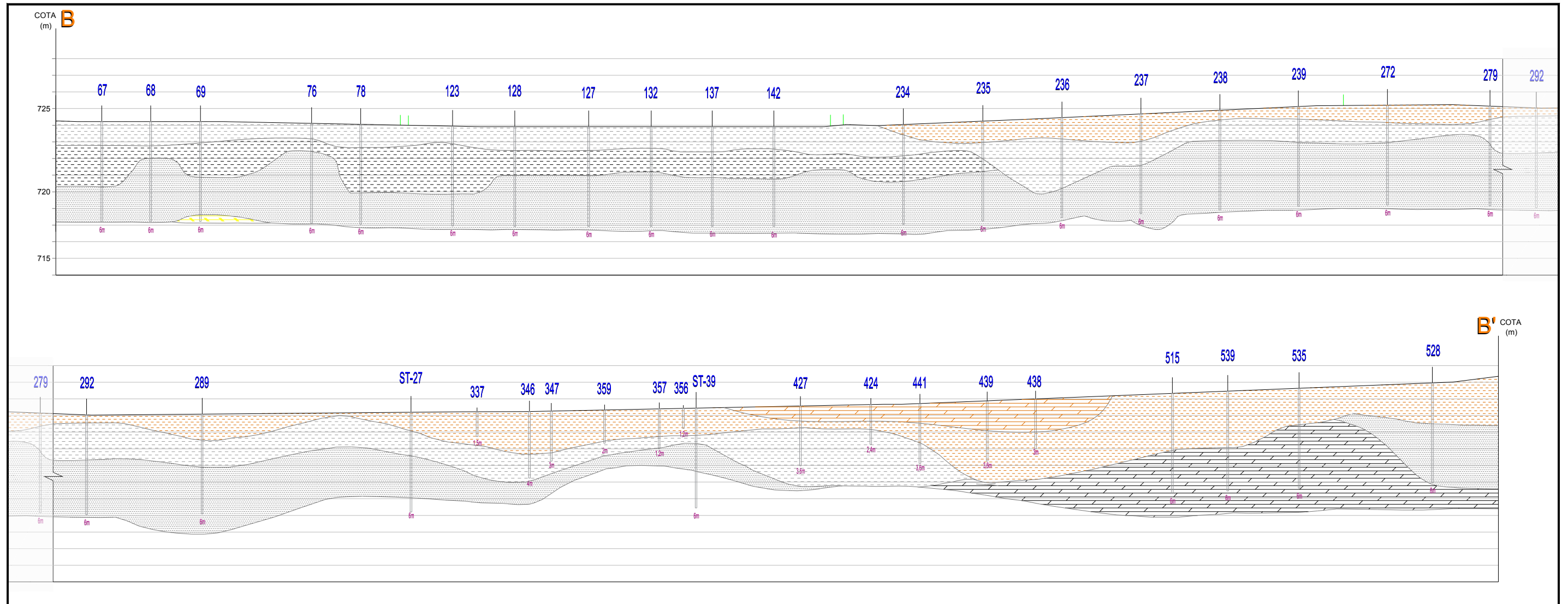
-  ATERRO ARENOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
-  ATERRO ARGILOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
-  ARGILA ORGÂNICA ARENOSA
-  ARGILA ORGÂNICA
-  ARGILA POUCO PLÁSTICA
-  AREIA FINA MÉDIA POUCO ARGILOSA
-  SOLO DE ALTERAÇÃO

LEGENDA SONDAJENS

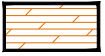

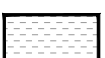
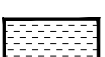
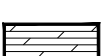
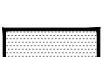



 ConAm consultoria ambiental	Título: Seção Geológica A-A'	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 28	

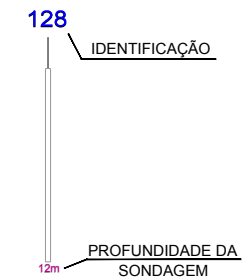
SEÇÃO GEOLÓGICA DE B - B'




DESCRIÇÃO GEOLÓGICA:

-  ATERRO ARENOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
-  ATERRO ARGILOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
-  ARGILA ORGÂNICA ARENOSA
-  ARGILA ORGÂNICA
-  ARGILA POUCO PLÁSTICA
-  AREIA FINA MÉDIA POUCO ARGILOSA
-  SOLO DE ALTERAÇÃO

LEGENDA SONDAJENS



	Título:	Projeto:	Data:	Escala:
	Seção Geológica B-B'	CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Janeiro 2017	Gráfica
Cliente:	Local:	FIGURA 29		
Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Município de São Paulo (SP)			

5.2 Hidrogeologia Local

Os aspectos hidrogeológicos da área foram definidos através da malha de poços instalados no local e da conformação topográfica e geomorfológica da região, a partir dos quais foi gerado um fluxo estimado das águas subterrâneas.

Assim, como também foram instalados poços de monitoramento no Parque Tietê, localizado na outra margem da Rodovia Ayrton Senna e também do córrego que atravessa as áreas AI-01, AI-02 e AI-03, decidiu-se por abordar separadamente o sentido de fluxo da água subterrânea no local.

Na área da USP Leste, para os poços rasos, o nível freático foi detectado a profundidades entre 0,73 m (PM-16) a 4,53 m (PM-33). Para os poços profundos, o nível d'água variou entre 0,66 m (PMN-10) e 7,50 m (PM-27A AI-01). Esta variação ocorre pois os poços se encontram espalhados em uma área grande e declividades variadas, havendo regiões com NA muito rasos, como no caso do conjunto PM-10/PMN-10.

A carga hidráulica variou entre 723,04 (PM-12) e 726,02 (PM-36), para os poços rasos, e entre 721,40 (PMN-14) e 725,05 (PMN-04), para os poços profundos.

No Parque Tietê, os poços rasos apresentaram nível d'água variando entre 0,82 m (PM-21) e 1,48 m (PM-28). Para os poços profundos, o nível d'água variou entre 1,1m (PMN-21) e 2,48m (PMN-27).

A carga hidráulica variou entre 721,354 (PM-22) e 724,727 (PM-28), para os poços rasos, e entre 720,699 (PMN-23) e 724,791 (PMN-28), para os poços profundos. Nota-se que, para os poços do parque, as cargas hidráulicas dos poços rasos e profundos, em cada par multinível, ficaram em valores bem próximos.

A **Tabela 5.2-1** apresentam as cotas topográficas, profundidades, níveis d'água medidos em 24/06/2016 e as cargas hidráulicas, dos poços rasos e profundos, localizados nas áreas **AI-01, AI-02 e AI-03**.

Já a **Tabela 5.2-2** apresentam as cotas topográficas, profundidades, níveis d'água medidos em 24/06/2016 e as cargas hidráulicas, dos poços rasos e profundos, localizados na área do **Parque Tietê**.

Tabela 5.2-1 – Cotas da Boca do Tubo Geomecânico, Níveis d'água e Cargas Hidráulicas – AI-01, AI-02 e AI-03.

Poço de Monitoramento	Cota Topográfica (m)	Profundidade do Poço (m)	Nível d'água (m)	Carga Hidráulica (m)
PM-01 AI-01	-	5,00	3,85	-
PM-04 AI-01	729,574	4,92	3,47	726,104
PM-17 AI-01	728,626	5,05	3,01	725,616
PM-06 AI-01	729,269	4,32	1,22	728,049
PM-38 AI-01	730,009	4,3	1,53	728,479
PM-27 AI-01	730,173	5,08	3,45	726,723
PM-39 AI-01	729,427	5,1	1,49	727,937
PM-15 AI-01*	728,735	9,11	6,99*	721,745*
PM-27A AI-01	730,216	9,09	7,5	722,716
PM-39A AI-01	729,535	8,8	6,92	722,615
PM-01	-	4,10	3,03	-
PM-03	-	3,76	1,89	-
PM-04A	728,589	4,28	3,64	724,949
PM-05	726,66	3,9	3,21	723,45
PM-06	726,488	3,68	2,63	723,858
PM-07	726,622	3,15	2,97	723,652
PM-08	726,973	3,56	1,93	725,043
PM-09	725,885	4,16	2,16	723,725
PM-10	724,78	3,1	0,84	723,94
PM-11	724,742	3,89	1,43	723,312
PM-12	725,661	4,47	2,62	723,041
PM-13	725,704	3,65	1,88	723,824
PM-14	725,65	3,25	2,33	723,32
PM-15	726,848	3,31	2,09	724,758
PM-16	724,948	3,42	0,73	724,218
PM-17	724,503	3,73	1,36	723,143
PM-18	-	4,32	2,61	-
PM-19	726,078	5,2	2,53	723,548
PM-20	726,662	5,07	2,75	723,912
PM-31	728,62	6	3,79	724,83
PM-32	728,28	7,0	3,97	724,31
PM-33	728,5	6,01	4,53	723,97
PM-34	726,534	5,13	2,49	724,044
PM-35	728,323	5,16	3,38	724,943
PM-36	728,322	5,2	2,3	726,022
PM-37	728,666	6	3,93	724,736
PMN-01	-	10,01	4,78	-
PMN-03B	-	9,51	5,55	-
PMN-04	728,617	8,78	3,61	725,007
PMN-06	726,42	8,3	2,63	723,79
PMN-08	-	8,61	1,89	-
PMN-10	724,715	6,9	0,66	724,055
PMN-11	-	5,91	1,66	-
PMN-12	725,649	9,05	3,18	722,469
PMN-14	724,784	8,35	3,38	721,404
PMN-15	726,847	7,14	2,12	724,727
PMN-17	724,545	6,0	1,1	723,445

- Poços desconsiderados no mapa potenciométrico * Poço profundo

Tabela 5.2-2 – Cotas da Boca do Tubo Geomecânico, Níveis d'água e Cargas Hidráulicas – Parque Tietê.

Poço de Monitoramento	Cota Topográfica (m)	Profundidade do Poço (m)	Nível d'água (m)	Carga Hidráulica (m)
PM-21	722,502	4,2	0,82	721,682
PM-22	722,274	4,05	0,92	721,354
PM-23	722,296	3,9	0,86	721,436
PM-24	722,806	4,6	1,32	721,486
PM-25	722,672	3,91	1,28	721,392
PM-26	724,04	4,01	1,4	722,64
PM-27	723,93	3,66	1,01	722,92
PM-28	726,207	4,12	1,48	724,727
PM-29	-	4,12	1,90	-
PM-30	723,989	3,99	1,31	722,679
PMN-21	722,552	12,02	1,1	721,452
PMN-22	722,246	12	1,2	721,046
PMN-23	722,189	12,05	1,49	720,699
PMN-24	722,692	12,16	1,64	721,052
PMN-25	722,701	8,75	1,3	721,401
PMN-26	724,049	7,59	1,73	722,319
PMN-27	723,491	11,99	2,48	721,011
PMN-28	726,241	7,85	1,45	724,791
PMN-29	-	8,10	2,95	-
PMN-30	724,151	7,98	1,33	722,821

- Poços desconsiderados no mapa potenciométrico

Em ambas as áreas, verifica-se um aquífero livre e, conforme visto anteriormente, a matriz é composta por aterro, sobre sedimentos aluvionares quaternários, com camadas de argila orgânica e camadas de areia, sobrepostas ao embasamento pré cambriano, que foi detectado em profundidades baixas na região, corroborando com dados regionais existentes, possuindo características de regiões sedimentares com porosidade primária. Ressalta-se ainda que essa região localiza-se em uma área de várzea, antigamente ocupada pelos meandros do Rio Tietê, o que pode indicar depósitos fluviais meandrantés, e existência de paleocanais.

É importante notar a existência de córrego no limite norte da área, bem como no limite oeste, adjacente à área AI-01. Na porção sul da área, divisa com a linha 12 Safira da CPTM, existe um canal de circunvalação, alagável em períodos chuvosos.

Os dados do levantamento topográfico foram registrados em plantas e interpolados entre as diferentes cotas conhecidas, obtendo-se como produto final a estimativa do fluxo da água subterrânea da área de interesse.

De acordo com os respectivos mapas, pode-se concluir:

- AI-01, AI-02 e AI-03: o fluxo preferencial das águas subterrâneas no aquífero raso encontra-se no sentido Oeste, em direção ao córrego que fica entre a área de estudo e a Rodovia Ayrton Senna.

Já no aquífero profundo, o sentido preferencial das águas subterrâneas assume uma tendência radial, de sudoeste até nordeste, sentido Rodovia Ayrton Senna.

- No Parque Tietê, o fluxo preferencial das águas subterrâneas no aquífero raso encontra-se no sentido sudoeste. No aquífero profundo, o sentido preferencial das águas subterrâneas encontra-se no sentido sul.

Analisando as cargas hidráulicas da USP Leste, tem-se que as cargas são próximas, indicando um fraco fluxo vertical, não assumindo característica fortemente ascendente ou descendente.

Tabela 5.2-3 – Diferença de cargas hidráulicas em poços rasos e profundos das áreas AI-02 e AI-03.

Poço raso/profundo	Carga hidráulica Poços rasos	Carga hidráulica Poços profundos	Sentido de Fluxo
PM-04B/PMN-04	724,95	725,01	Levemente Ascendente
PM-06/PMN-06	723,86	723,79	-
PM-08/PMN-08	725,04	725,05	-
PM-10/PMN-10	723,94	724,06	Levemente Ascendente
PM-12/PMN-12	723,04	722,47	Levemente Descendente
PM-14/PMN-14	723,32	721,40	Levemente Descendente
PM-15/PMN-15	724,76	724,73	-
PM-17/PMN-17	723,14	723,45	Levemente Ascendente

O estudo da velocidade partiu do resultados do estudo de cargas piezométricas e resultado do *Slug Test*, aplicando-se a Lei de Darcy pôde-se avaliar a velocidade real do aquífero analisado, seguindo a fórmula:

$$V = \frac{(k \times i)}{n_e}$$

V – velocidade real (cm/seg)

K – condutividade hidráulica (cm/seg)

i – gradiente hidráulico (adimensional)

n_e – porosidade efetiva (%)

A resolução da equação resulta no valor da **Tabela 5.2-4** para a velocidade real de escoamento subterrâneo no local de estudo.

Tabela 5.2-4 – Velocidade, condutividade e gradiente hidráulico.

Poço de Monitoramento	Condutividade Hidráulica (cm/s)	Gradiente Hidráulico (adimensional)	Velocidade Real (m/ano)
PM-04	PM-04 9,17 x 10 ⁻⁶	PM-06 / PM-04 0,0116	0,484
PM-10	PM-10 4,25 x 10 ⁻⁴	PM-10 / PM-11 0,0068	13,181

Para o cálculo foi considerado valor médio das porosidades efetivas obtidas através de análises geotécnicas, 6,77%. Os resultados mostram uma velocidade de fluxo de água subterrânea mais alta na área AI-03, e menor na AI-02. Conforme mostrado adiante, migram sentido rodovia Ayrton Senna.

As **Figuras 30 e 31** apresentam, respectivamente, os Mapas Potenciométricos do aquífero raso e do aquífero profundo das áreas AI-01, AI-02 e AI-03.

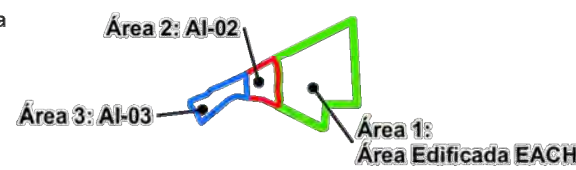
Já as **Figuras 32 e 33** apresentam, respectivamente, os Mapas Potenciométricos do aquífero raso e do aquífero profundo do Parque Ecológico Tietê.



Legenda

- Poço de Monitoramento Raso
- Linha Equipotencial (m) 724,22 Carga Hidráulica
- Linha Equipotencial Inferida (m)
- fluxo

Área de Estudo:



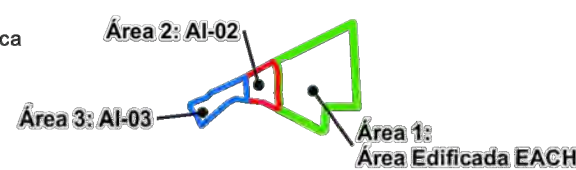
 ConAm <small>consultoria ambiental</small>	Título: Mapa potenciométrico Áreas AI-01, AI-02 e AI-03 Poços rasos	Projeto: <small>Contrato nº 112915</small> INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2011	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 30	




Legenda

- ◆ Poço de Monitoramento Profundo
- Linha Equipotencial (m) 724,22 Carga Hidráulica
- - - - Linha Equipotencial Inferida (m)
- fluxo

Área de Estudo:



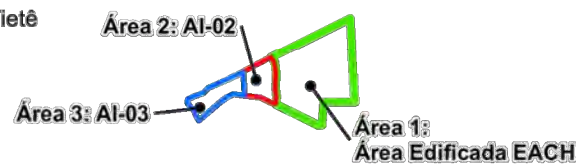
 ConAm consultoria ambiental	Título: Mapa potenciométrico Áreas AI-01, AI-02 e AI-03 Poços profundos	Projeto: <small>Contrato nº 1122915</small> INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2011	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 31	



Legenda

- Poço de Monitoramento Raso
- Linha Equipotencial (m)
- Área Investigada Parque Tietê
- Linha Inferida (m)
- fluxo
- Área Edificada EACH
- Área 2: AI-02
- Área 3: AI-03

Área de Estudo:



721,68 Carga Hidráulica

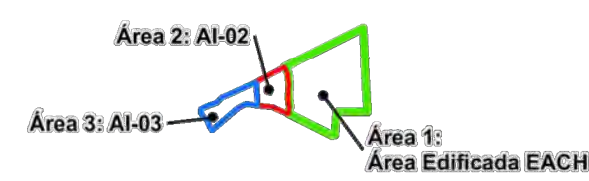
 ConAm consultoria ambiental	Título: Mapa potenciométrico Parque Tietê Poços rasos	Projeto: <small>Contrato nº 1102015</small> INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: aneiro 201	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 32	



Legenda

- Poço de Monitoramento Profundo
- Linha Equipotencial
- Linha Inferida
- fluxo
- Área Investigada Parque Tietê
- 721,45 Carga Hidráulica

Área de Estudo:



 ConAm consultoria ambiental	Título: Mapa potenciométrico Parque Tietê Poços profundos	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2011	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 33	

Em pesquisa realizada junto ao DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica foi identificado 02 (dois) Poços Tubulares Profundos de captação de água subterrânea próximo aos limites do terreno avaliado. O levantamento de poços cadastrados no DAEE foi considerado apenas como indicativo, buscando localizar poços cadastrados nas proximidades da área do empreendimento que possam ser utilizados para captação de água subterrânea.

Os poços profundos existentes em um raio de 500 metros a contar dos limites dos terrenos avaliados (mesmo no caso da área e seu entorno serem servidos pela rede pública de abastecimento) foram plotados em mapa referenciado. (**Figura 30**).

A **Tabela 5.2-5** consta os dados do poço profundo cadastrado no DAEE encontrado em um raio de 500 m.

Tabela 5.2-5 – Poços cadastrados no DAEE próximos à área de estudo.

QUANT	UTM Norte (km)	UTM Leste (km)	Usuário	Finalidade	Uso	Aquífero	Vazão (m ³ /h)	Distância (m)
828	7401,87	346,91	Industrial	-	Captação Subterrânea	-	0	285
2949	7401,91	347,11	Industrial	Sanitário/ Industrial	Captação Subterrânea	Cristalino	0	480

Em relação aos poços profundos, de acordo com o cadastro online do serviço de Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) no site do CPRM em um raio de 500 m da área foi encontrado 01 (um) poço profundo, apresentado na **Tabela 5.2-6**.

Tabela 5.2-6 – Poços cadastrados no SIAGAS próximos à área de estudo.

NOME	UTM Norte (km)	UTM Leste (km)	Usuário	Nível Din. (m)	Nível Est. (m)	Vazão Esp. (m ³ /h/m)	Vazão (m ³ /h)	Dist (m)
DAEE 183/70970	7401800	345850	Prefeitura Municipal	12	2.5	1.389	13.2	300

Embora o DAEE e o SIAGAS forneçam informações importantes sobre poços de captação do entorno, ainda podem existir poços cacimba ou artesianos não cadastrados na região do entorno, cuja existência não pode ser comprovada.





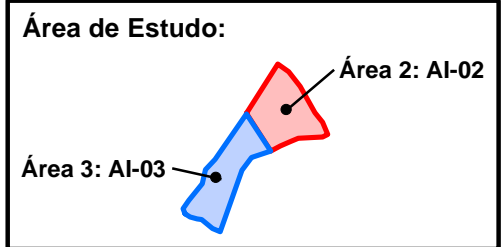
Foi realizada vistoria de campo no entorno, buscando-se informações sobre a possível existência de poços de captação não constantes nos registros. As entrevistas com diversos estabelecimentos locais no entorno avaliado não apontaram existência de qualquer tipo de poço de captação de água subterrânea, para qualquer fim. No entanto, tal vistoria de campo limitou-se a entrevistas externas aos estabelecimentos, não garantindo, assim, a não existência de poços não cadastrados na região.


A **Figura 34** apresenta a localização dos poços de captação de água subterrânea encontrados.



Legenda

-  Poço Cadastrado DAEE
-  Poço Cadastrado SIAGAS



	Título: Localização dos poços de abastecimento cadastrados	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 34	

5.2.1 Caracterização do Fluxo vertical de água subterrânea

Através das cargas hidráulicas avaliadas nos poços, é possível concluir que em algumas porções o fluxo dos poços de monitoramento é do tipo descendente e em outras porções o fluxo vertical é ascendente.

No caso de fluxo vertical descendente, em relação ao risco toxicológico de inalação, essa particularidade influencia positivamente, pois tende a reduzir as concentrações existentes no aquífero superficial, principalmente a jusante da fonte de contaminação. A migração vertical descendente é um risco ao meio ambiente, principalmente quando relacionada ao abastecimento de água, através de captação subterrânea.

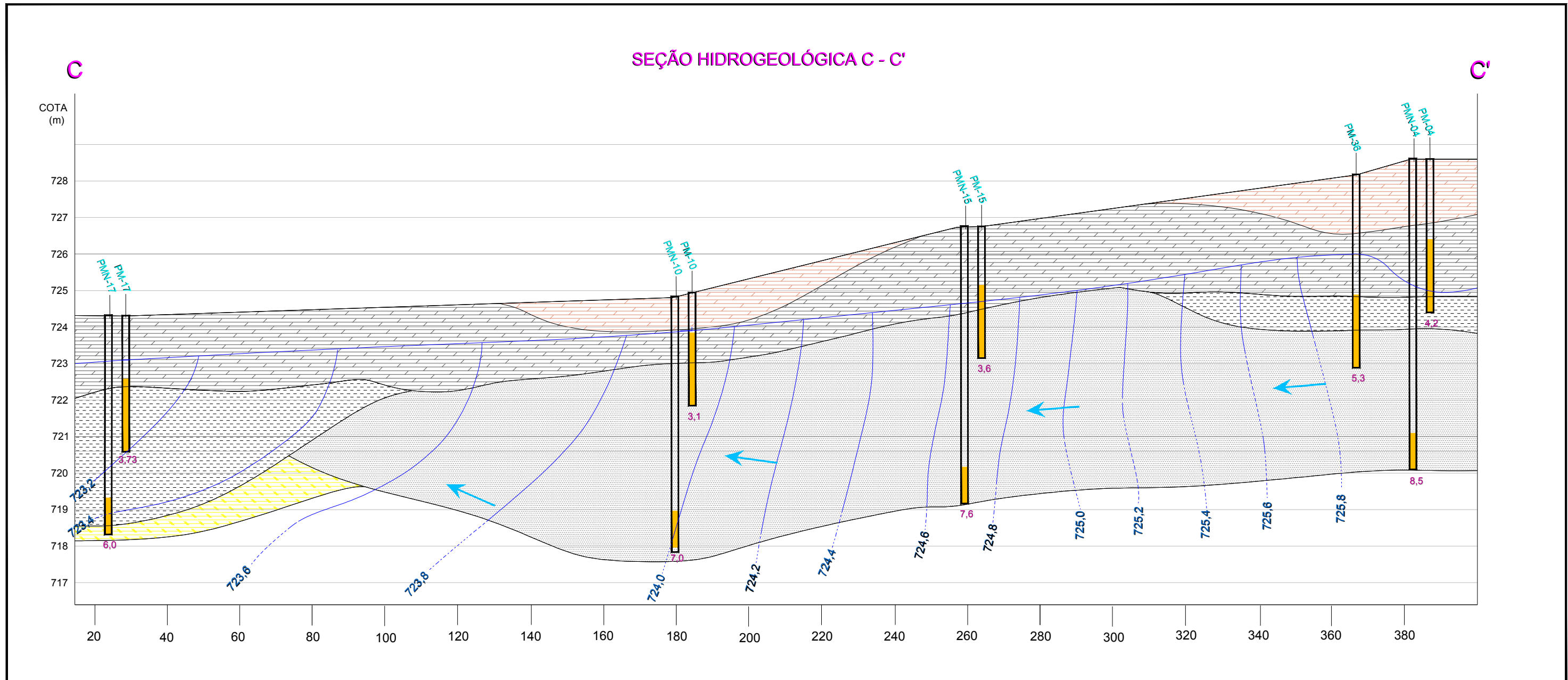
A **Tabela 5.2.1-1** apresenta um resumo das características de fluxo vertical em cada um dos conjuntos de poços de monitoramento Multiníveis avaliados na área da USP Leste, e a **Tabela 5.2.1-2** na área do Parque Tietê.

Tabela 5.2.1-1 – Caracterização de fluxo vertical (AI-01, AI-02 e AI-03).

Conjunto de Poços Multinível	Cargas Hidráulicas		Classificação
	Superficial	Profundo	
PM-04 / PMN-04	724,949	725,007	Levemente Ascendente
PM-06 / PMN-06	723,858	723,79	Levemente Descendente
PM-10 / PMN-10	723,94	724,055	Levemente Ascendente
PM-12 / PMN-12	723,041	722,469	Descendente
PM-14 / PMN-14	723,32	721,404	Descendente
PM-15 / PMN-15	724,758	724,727	Sem fluxo vertical
PM-17 / PMN-17	723,143	723,445	Levemente ascendente
PM-27 / PM-27A AI-01	726,723	722,716	Fluxo Fortemente descendente
PM-39 / PM-39A AI-01	727,937	722,615	Fluxo Fortemente descendente

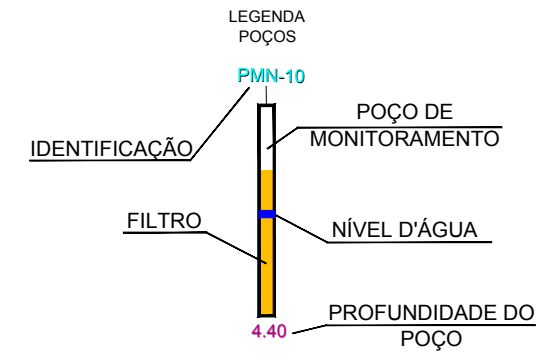
Tabela 5.2.1-2 – Caracterização de fluxo vertical (Parque Tietê).

Conjunto de Poços Multinível	Cargas Hidráulicas		Classificação
	Superficial	Profundo	
PM-21 / PMN-21	721,682	721,452	Descendente
PM-22 / PMN-22	721,354	721,046	Descendente
PM-23 / PMN-23	721,436	720,699	Descendente
PM-24 / PMN-24	721,486	721,052	Descendente
PM-25 / PMN-25	721,392	721,401	Sem fluxo vertical
PM-26 / PMN-26	722,64	722,319	Descendente
PM-27 / PMN-27	722,92	721,011	Descendente
PM-28 / PMN-28	724,727	724,791	Sem fluxo vertical
PM-30 / PMN-30	722,679	722,821	Ascendente



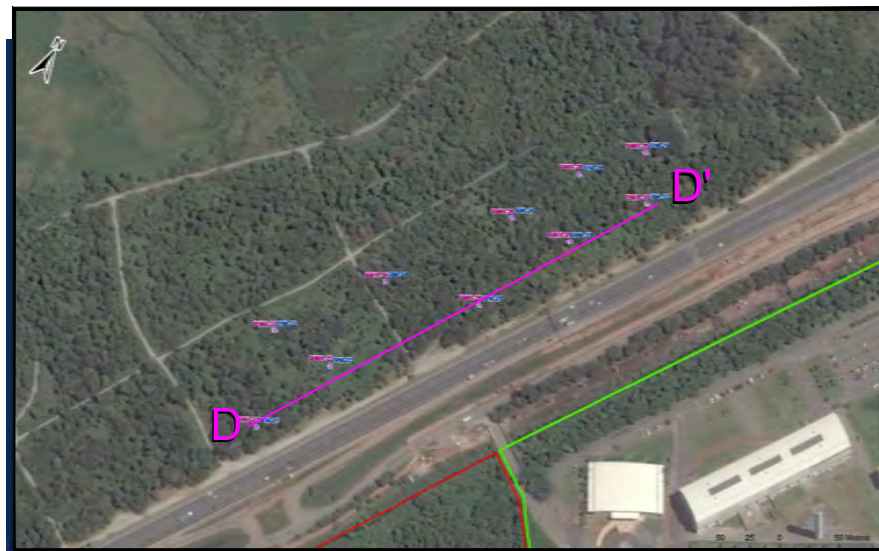
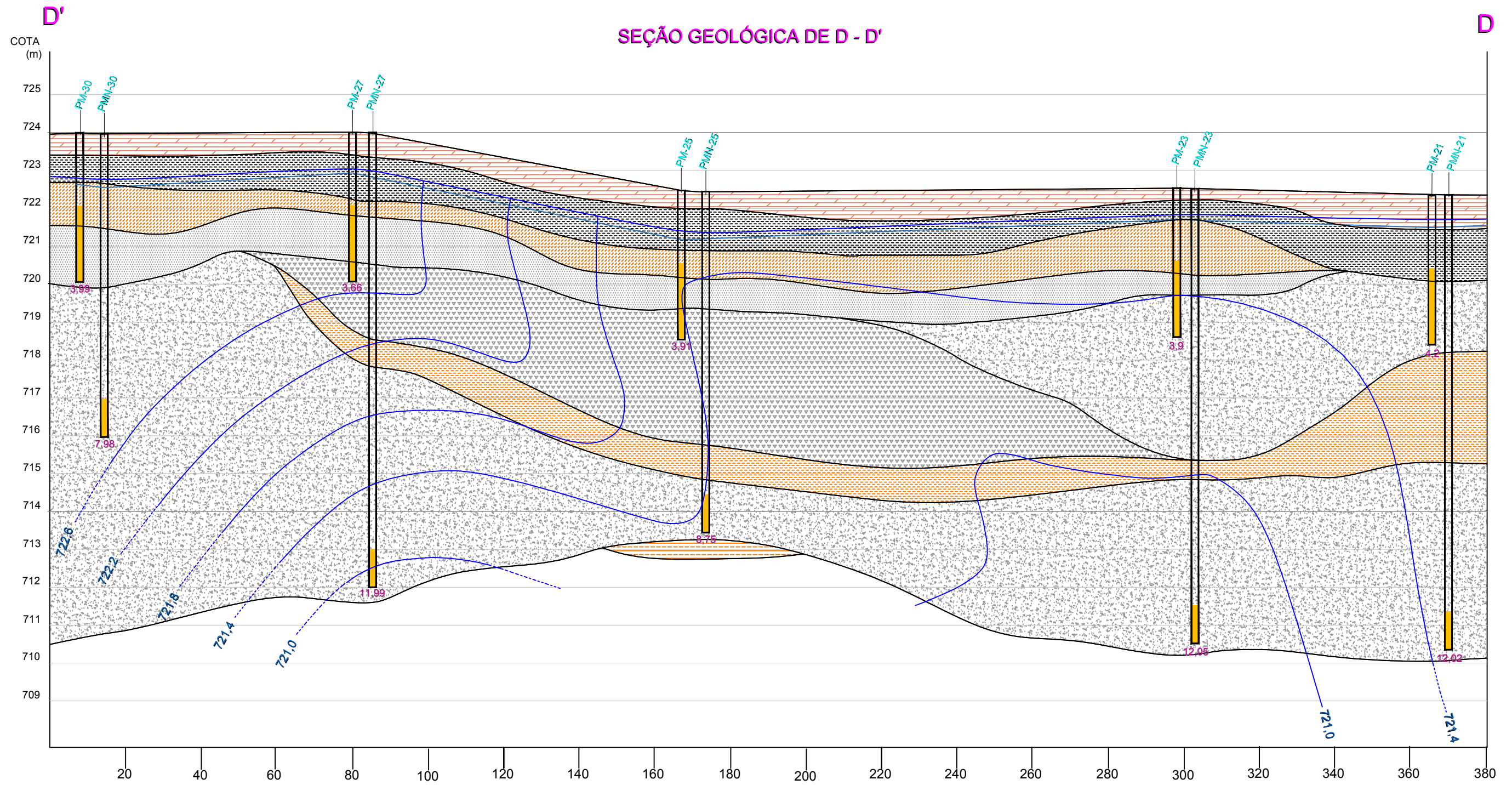
DESCRIÇÃO GEOLÓGICA:

- ATERRO ARENOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
- ATERRO ARGILOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
- ARGILA ORGÂNICA
- AREIA FINA MÉDIA POUCO ARGILOSA
- SOLO DE ALTERAÇÃO
- SENTIDO DO FLUXO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA



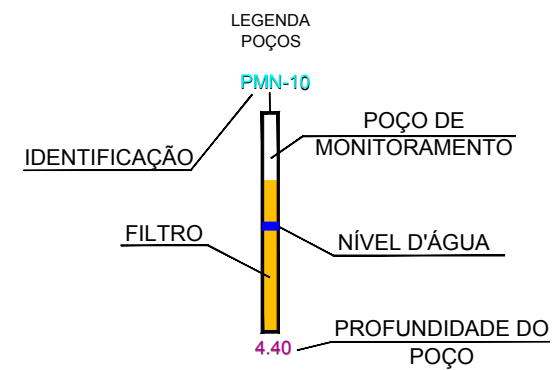
	Título:	Modelo Conceitual Hidrogeológico (seção CC')	Projeto:	CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Data:	Janeiro 2017	Escala:	Gráfica
	Cliente:	Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo - SEF/USP	Local:	Município de São Paulo (SP)	FIGURA 35			

SEÇÃO GEOLÓGICA DE D - D'



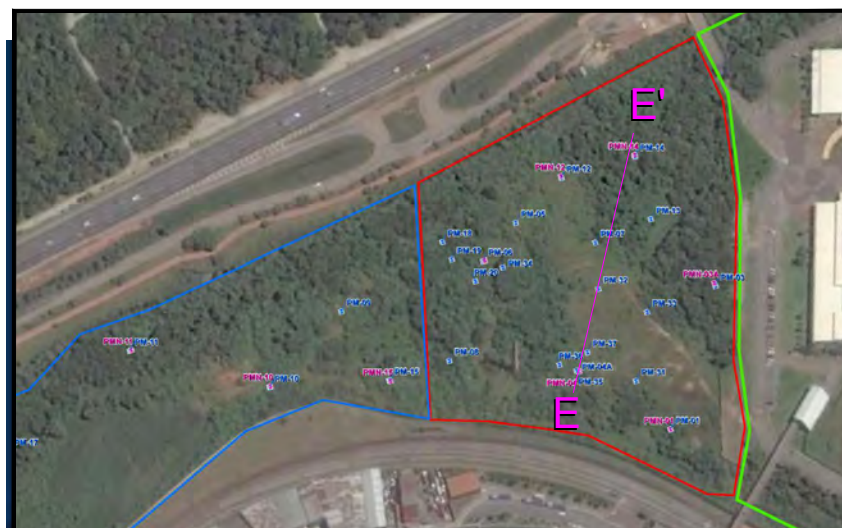
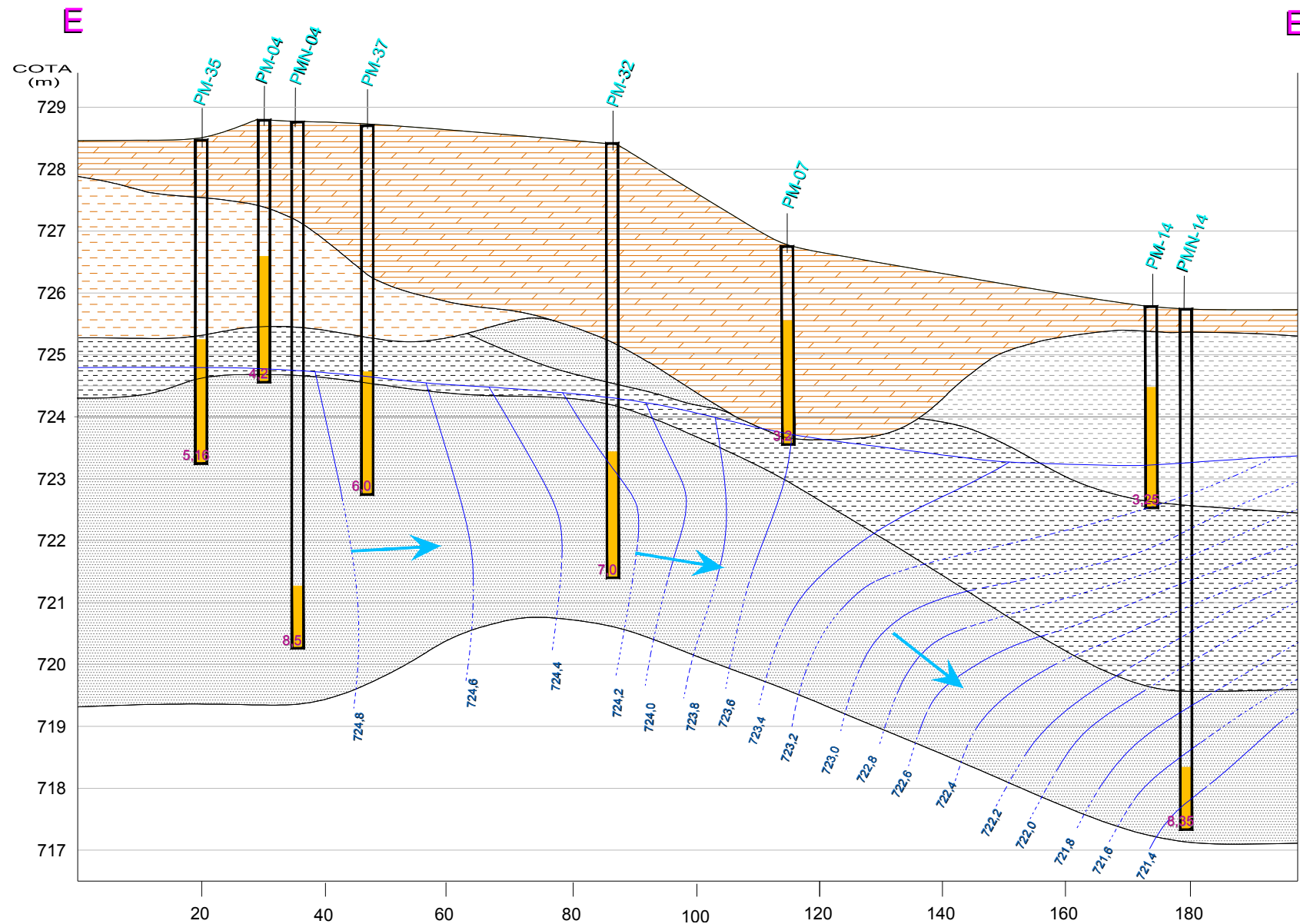
DESCRIÇÃO GEOLÓGICA:

-  ATERRO
-  ARGILA ORGÂNICA
-  ARGILA - COMPACTAÇÃO ELEVADA
-  ARGILA MUITO COMPACTA
-  ARGILA PLÁSTICA
-  AREIA FINA
-  AREIA MÉDIA A GROSSA
-  AREIA GROSSA



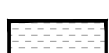


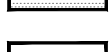


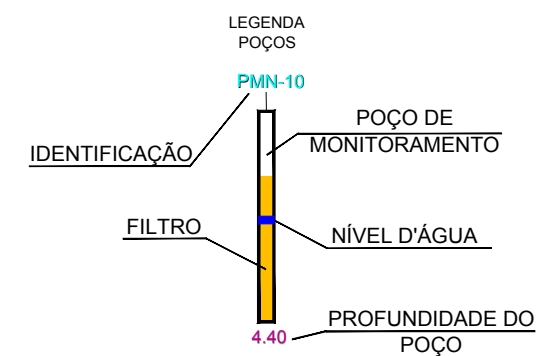
	Título: Modelo Conceitual Hidrogeológico (seção DD')	Projeto: CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo - SEF/USP	Local: Município de São Paulo (SP)	FIGURA 36	


SEÇÃO HIDROGEOLÓGICA E - E'



DESCRIÇÃO GEOLÓGICA:

-  ATERRO ARENOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
-  ATERRO ARGILOSO (COM FRAGMENTOS DE ENTULHO) ORGÂNICO
-  ARGILA ORGÂNICA ARENOSA
-  ARGILA ORGÂNICA
-  AREIA FINA MÉDIA POUCO ARGILOSA
-  SENTIDO DO FLUXO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA



	Título:	Modelo Conceitual Hidrogeológico (seção EE')	Projeto:	CONTRATO 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS	Data:	Janeiro 2017	Escala:	Gráfica
	Cliente:	Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo - SEF/USP	Local:	Município de São Paulo (SP)	FIGURA 37			

5.3 Resultados Analíticos

As amostras de solo coletadas nas sondagens, bem como as amostras de água subterrânea coletadas nos poços de monitoramento, foram enviadas para o laboratório, para análise química dos parâmetros que abrangem o escopo apresentado.

Os resultados obtidos das análises químicas, cujos valores estiveram acima dos limites de detecção do laboratório (LD), foram comparados aos Valores Orientadores da lista CETESB (2014). Porém, uma vez que a lista da CETESB (2014) não contempla todos os compostos investigados nesta avaliação, podem ser selecionados os valores de referência estabelecidos pela norma da agência ambiental dos Estados Unidos (*USEPA Region 9 Regional Screening Levels – RSL*), de junho de 2015, levando-se em conta que estas são frequentemente aceitas pelos órgãos ambientais brasileiros.

No **Anexo XIV**, podem ser consultados os laudos analíticos emitidos pelo laboratório para amostras de solo, e no **Anexo XV** os laudos para as amostras de água subterrânea. Nos **Anexos XIV e XV**, também é apresentado resumo dos resultados.

5.3.1 Solo

As amostras compostas resultantes das sondagens executadas nas 19 unidades de decisão, para as profundidades de 0,30m e 1,00m, bem como as amostras de VOC selecionadas (4 amostras por UD) foram enviadas para análises químicas.

Durante a etapa de perfuração das sondagens multiincremento, atentou-se para pontos que apresentassem características tácteis-visuais tais como odor, iridescência, ocorrência de borras, entre outros. Nestes pontos, foram coletadas amostras para análise laboratorial de TPH *fingerprint*, e, visando a delimitação caso detectado, foram executadas sondagens adicionais para análise de TPH. Onde foi detectado TPH acima do valor de intervenção, também foi realizada amostragem para análise de VOCs.

No relatório de coleta, apresentado no **Anexo VII**, são apresentadas as amostras coletadas em cada profundidade acompanhadas de suas respectivas leituras de VOC.



As **Tabelas 5.3.1-1 a 5.3.1-10** apresentam os principais resultados obtidos das amostras analisadas, em comparação aos valores de intervenção da CETESB (2014), e, na ausência destes, com valores de intervenção da USEPA (2015).

Tabela 5.3.1-1 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (0,30 m – Metais).

Parâmetros	UD-01 (0,3)	UD-03 (0,3)	UD-04 (0,3)	UD-05 (0,3)	UD-06 (0,3)	UD-07 (0,3)	UD-07 (0,3 dupli.)	UD-07 (0,3 tripli.)	UD-08 (0,3)	UD-09 (0,3)	UD-10 (0,3)	Valor Orientador
	142495/201 5 - 1.0	102126/201 5 - 1.0	138016/201 5 - 1.0	102115/201 5 - 1.0	136191/201 5 - 1.0	104581/201 5 - 1.0	104583/201 5 - 1.0	104585/201 5 - 1.0	103168/201 5 - 1.0	106992/201 5 - 1.0	126816/201 5 - 1.0	
	ConAm_SO _2816	ConAm_SO _2712	ConAm_SO _2828	ConAm_SO _2718	ConAm_SO _2834	ConAm_SO _2736	ConAm_SO _2738	ConAm_SO _2740	ConAm_SO _2724	ConAm_SO _2746	ConAm_SO _2752	
Metais (mg/kg)												
Alumínio	10581,9	11641,1	5306,7	14180,3	9252,8	16798,5	19033,7	14783,7	12960,7	17352,2	9193,4	77000 ⁽²⁾
Bário	72,3	60,3	40,9	34,7	68,6	67,2	90,1	111,6	36,8	66,1	18	1300 ⁽¹⁾
Chumbo	25,6	31,6	16,6	29	19	24,8	25,8	21,4	19,6	28,5	54,4	240 ⁽¹⁾
Cobalto	< 2,00	< 2,02	< 1,82	< 2,55	2,39	1,98	2,56	2,28	< 1,97	2,25	< 1,99	65 ⁽¹⁾
Cobre	24,1	25,6	30,5	21,2	26,4	18,7	26,8	23,2	22,8	18,9	12,5	2100 ⁽¹⁾
Cromo	16,2	19,9	9,38	23,1	13,5	18,6	20,3	17,5	88	17,8	10,8	300 ⁽¹⁾
Ferro	13186,4	18427,4	14993,9	21054,4	9211,9	10348,2	11964,7	10608,1	16395,8	12718,7	5657	55000 ⁽²⁾
Manganês	80,2	56,1	52,1	34	73,6	57,5	83,9	320,4	54,5	78,8	24,4	1800 ⁽²⁾
Níquel	6,62	6,06	5,52	4,98	4,57	5,71	7,71	6,9	3,8	19,8	3,51	480 ⁽¹⁾
Vanádio	33,8	45,2	15	55,9	21,6	33	36,8	31,8	49,5	30,2	13,9	390 ⁽²⁾
Zinco	90,3	100,4	65,7	113,6	94,3	77,7	105,7	88,1	161,3	173,4	75	1800 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-1 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (0,30m – Metais). (Continuação)

Parâmetros	UD-11 (0,3)	UD-12 (0,3)	UD-13 (0,3)	UD-14 (0,3)	UD-15 (0,3)	UD-15 (0,3 dupli.)	UD-15 (0,3 tripli.)	UD-16 (0,3)	UD-17 (0,3)	UD-18 (0,3)	UD-19 (0,3)	UD-20 (0,3)	Valor Orientador
	120045/20 15 - 1.0	115702/20 15 - 1.0	115610/20 15 - 1.0	107140/20 15 - 1.0	110091/20 15 - 1.0	110093/20 15 - 1.0	110096/20 15 - 1.0	121932/20 15 - 1.0	134163/20 15 - 1.0	128291/20 15 - 1.0	127510/20 15 - 1.0	103148/20 15 - 1.0	
	ConAm_S O_2758	ConAm_S O_2764	ConAm_S O_2770	ConAm_S O_2776	ConAm_S O_2782	ConAm_S O_2784	ConAm_S O_2786	ConAm_S O_2792	ConAm_S O_2798	ConAm_S O_2804	ConAm_S O_2810	ConAm_S O_2730	
Metais (mg/kg)													
Alumínio	6702,3	1358,7	12896	9322,8	15053,8	16035,7	13909	10116,9	6239,4	10917,5	10430,6	13855,8	77000 ⁽²⁾
Bário	13,8	4,03	29,1	50,5	37,9	38	99,1	15,1	36,9	18,4	36,8	32,7	1300 ⁽¹⁾
Chumbo	8,01	< 2,42	24,9	13,1	11,5	13,4	15,3	8,61	13,3	10,7	18,1	25,1	240 ⁽¹⁾
Cobalto	< 1,82	< 1,81	< 1,86	3,23	4,1	3,33	4,15	< 1,85	< 1,93	< 1,90	5,02	< 1,72	65 ⁽¹⁾
Cobre	4,06	< 2,42	31,5	6,05	22	19,6	15,7	5,63	12	9,66	21	41,8	2100 ⁽¹⁾
Cromo	15,4	< 5,43	22,1	11	20	21,5	19,9	17,1	10,7	19,9	26,6	13	300 ⁽¹⁾
Ferro	9934,4	2390,1	19022,3	12627,4	18602,2	20773,8	16511,1	17220,2	6055,3	8931,5	17745,2	8694,5	55000 ⁽²⁾
Manganês	23	5,06	52,4	184	92,1	120,2	371,1	37,8	42,9	32,6	99,6	46,5	1800 ⁽²⁾
Níquel	< 2,43	< 2,42	4,06	3,95	11	8,93	6,08	2,56	< 2,57	6,08	20,9	4,52	480 ⁽¹⁾
Vanádio	40,7	5,7	36,3	18,6	38,1	43,3	36,8	41,2	18,3	42,4	36,3	25	390 ⁽²⁾
Zinco	24,3	< 6,04	63,3	33,6	73,1	72,4	63,1	43,4	59	56,1	131,3	116,9	1800 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-2 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (1,00 m – Metais).

Parâmetros	UD-01 (1,0)	UD-03 (1,0)	UD-04 (1,0)	UD-05 (1,0)	UD-06 (1,0)	UD-07 (1,0)	UD-07 (1,0 dupli.)	UD-07 (1,0 tripli.)	UD-08 (1,0)	UD-09 (1,0)	UD-10 (1,0)	Valor Orientador
	142496/201 5 - 1.0	102127/201 5 - 1.0	138017/201 5 - 1.0	102116/201 5 - 1.0	136192/201 5 - 1.0	104582/201 5 - 1.0	104584/201 5 - 1.0	104586/201 5 - 1.0	103169/201 5 - 1.0	106993/201 5 - 1.0	126817/201 5 - 1.0	
	ConAm_SO _2817	ConAm_SO _2713	ConAm_SO _2829	ConAm_SO _2719	ConAm_SO _2835	ConAm_SO _2737	ConAm_SO _2739	ConAm_SO _2741	ConAm_SO _2725	ConAm_SO _2747	ConAm_SO _2753	
Metais (mg/kg)												
Alumínio	11927,3	14271,8	6708,4	24133,1	13469,7	18396,5	24942,4	27005,7	7538,7	24925,4	9173,1	77000 ⁽²⁾
Bário	49,4	42,1	29,3	52,2	48,3	62,1	78,5	347,4	52,6	194	6,65	1300 ⁽¹⁾
Chumbo	27,4	17,9	14,6	18,5	40,3	16,9	22,9	17	16,5	65,7	4,77	240 ⁽¹⁾
Cobalto	< 2,10	< 2,29	< 1,88	< 3,02	< 1,98	< 2,19	< 2,16	< 2,15	4,33	3,35	< 1,94	65 ⁽¹⁾
Cobre	23,2	10,1	45,8	10,1	23,4	13,9	18,7	10,6	14,5	34,1	< 2,58	2100 ⁽¹⁾
Cromo	20,1	14	13,3	19	19,4	18,8	20	18,7	19,7	27,4	8,17	300 ⁽¹⁾
Ferro	14139,9	6438,2	14843,6	3810,5	10203,2	9986,9	11893,4	9627,5	10815	18495	6084	55000 ⁽²⁾
Manganês	71,3	15,1	33,6	18,9	62,9	36,6	48,8	32,9	165,8	103,9	10,3	1800 ⁽²⁾
Níquel	8,67	< 3,05	< 2,50	< 4,03	3,19	4,5	7,16	4,51	10,7	10,7	< 2,58	480 ⁽¹⁾
Vanádio	38,8	29	15,4	32,5	30,8	37,1	41	38,4	31	31,9	13,9	390 ⁽²⁾
Zinco	79,8	31,1	40,5	24,6	88,3	39,6	61,6	27,6	90,9	130,1	11,1	1800 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-2 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (1,00 m – Metais).

Parâmetros	UD-11 (1,0)	UD-12 (1,0)	UD-13 (1,0)	UD-14 (1,0)	UD-15 (1,0)	UD-15 (1,0 dupli.)	UD-15 (1,0 tripli.)	UD-16 (1,0)	UD-17 (1,0)	UD-18 (1,0)	UD-19 (1,0)	UD-20 (1,0)	Valor Orientador
	120046/20 15 - 1.0	115703/20 15 - 1.0	115611/20 15 - 1.0	107141/20 15 - 1.0	110092/20 15 - 1.0	110095/20 15 - 1.0	110097/20 15 - 1.0	121933/20 15 - 1.0	134164/20 15 - 1.0	128292/20 15 - 1.0	127511/20 15 - 1.0	103149/20 15 - 1.0	
	ConAm_S O_2759	ConAm_S O_2765	ConAm_S O_2771	ConAm_S O_2777	ConAm_S O_2783	ConAm_S O_2785	ConAm_S O_2787	ConAm_S O_2793	ConAm_S O_2799	ConAm_S O_2805	ConAm_S O_2811	ConAm_S O_2731	
Metais (mg/kg)													
Alumínio	8123,9	9414,1	15990,3	12129,2	11044,2	10372,7	12169,7	8183	10448,9	6510,8	8685,7	3366,5	77000 ⁽²⁾
Bário	23,4	19,5	7,71	39,6	52,6	109,5	64,9	26,9	73,7	47,6	27,8	46,7	1300 ⁽¹⁾
Chumbo	7,95	10,1	4,9	12,1	12,9	12,9	19,6	94,9	23,6	17,5	13,7	4,63	240 ⁽¹⁾
Cobalto	< 1,81	< 1,83	< 1,81	2,52	2,6	7,44	3,89	< 1,93	3,1	2,67	2,71	2,91	65 ⁽¹⁾
Cobre	7,1	116,8	< 2,42	7,78	20,1	19,3	14,5	26,3	31,3	17,4	16,7	2,42	2100 ⁽¹⁾
Cromo	12,1	9,7	12,9	14,9	11,6	13,8	15,9	12,1	17,4	15,6	17,9	54,3	300 ⁽¹⁾
Ferro	6570,4	7562,7	11629,2	13935,4	11126,5	16017,1	18545,5	10532,2	7606,1	6144,3	12588,3	4822,1	55000 ⁽²⁾
Manganês	36,5	41	23,3	92,9	195,1	486,5	282,3	36,6	50,3	41,2	75,4	107	1800 ⁽²⁾
Níquel	< 2,41	2,5	< 2,42	5,11	2,65	4,77	4,67	7,51	< 3,05	7,73	11,7	< 2,37	480 ⁽¹⁾
Vanádio	30	21,4	24,7	21,2	27,3	36,8	38,2	30,5	28,1	26,7	27,7	5,75	390 ⁽²⁾
Zinco	22,5	121,6	28,8	51,8	48,9	53,1	53,5	50,9	90,1	65,6	102,9	49,6	1800 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-3 – Principais Resultados analíticos – Solo multiincremento (SVOC)

Parâmetros	UD-04 (0,3)	UD-05 (1,0)	UD-07 (0,3 tripli.)	UD-07 (1,0 tripli.)	UD-13 (0,3)	UD-15 (0,3)	UD-15 (0,3 dupli.)	UD-15 (0,3 tripli.)	UD-15 (1,0)	UD-15 (1,0 dupli.)	UD-15 (1,0 tripli.)	UD-16 (0,3)	UD-16 (1,0)	Valor Orientador
	138016/2 015 - 1.0	102116/2 015 - 1.0	104585/2 015 - 1.0	104586/2 015 - 1.0	115610/2 015 - 1.0	110091/2 015 - 1.0	110093/2 015 - 1.0	110096/2 015 - 1.0	110092/2 015 - 1.0	110095/2 015 - 1.0	110097/2 015 - 1.0	121932/2 015 - 1.0	121933/2 015 - 1.0	
	ConAm_ SO_2828	ConAm_ SO_2719	ConAm_ SO_2740	ConAm_ SO_2741	ConAm_ SO_2770	ConAm_ SO_2782	ConAm_ SO_2784	ConAm_ SO_2786	ConAm_ SO_2783	ConAm_ SO_2785	ConAm_ SO_2787	ConAm_ SO_2792	ConAm_ SO_2793	
SVOC (mg/kg)														
Fluoreno	< 0,024	< 0,040	< 0,025	0,07	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	2400 ⁽²⁾
Fenantreno	0,264	1,54	0,05	0,66	0,09	0,06	0,08	0,09	0,33	0,06	0,08	< 0,025	0,06	40 ⁽¹⁾
Antraceno	0,06	0,30	< 0,025	0,16	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	0,07	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	4600 ⁽¹⁾
Fluoranteno	0,431	4,59	0,29	1,18	0,69	0,24	0,26	0,30	1,43	0,28	0,34	0,08	0,18	2400 ⁽²⁾
Pireno	0,478	1,98	0,10	0,36	0,11	0,06	0,06	0,07	0,26	0,07	0,08	0,06	0,11	1800 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	0,298	1,09	< 0,025	< 0,029	0,11	< 0,024	< 0,024	< 0,023	0,22	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	7 ⁽¹⁾
Criseno	0,427	1,10	< 0,025	< 0,029	0,14	< 0,024	< 0,024	0,12	0,25	0,11	0,11	< 0,025	< 0,026	600 ⁽¹⁾
Benzo(b)fluoranteno	0,353	6,63	< 0,025	< 0,029	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	0,23	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	7,2 ⁽¹⁾
Benzo(k)fluoranteno	0,085	< 0,040	< 0,025	< 0,029	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	0,07	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	75 ⁽¹⁾
Benzo(a)pireno	0,257	< 0,040	< 0,025	< 0,029	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	0,18	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	0,8 ⁽¹⁾
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,269	< 0,040	< 0,025	< 0,029	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	8 ⁽¹⁾
Carbazol	< 0,024	< 0,040	< 0,025	0,07	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,023	< 0,025	< 0,024	< 0,024	< 0,025	< 0,026	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-4 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (PCBs)

Parâmetros	UD-09 (1,0)	UD-12 (1,0)	UD-20 (1,0)	Valor Orientador
	106993/2015 - 1.0	115703/2015 - 1.0	103149/2015 - 1.0	
	ConAm_SO_2747	ConAm_SO_2765	ConAm_SO_2731	
PCBs (mg/kg)				
2,2',4,5,5' Pentachlorobifenila (#101)	< 0,0002	0,0008	0,0008	-
2,3',4,4',5 Pentaclorobifenila (#118)	< 0,0002	< 0,0002	0,0017	-
2,2',4,4',5,5' Hexaclorobifenila (#153)	0,0018	0,0019	0,0005	-
2,2',3,4,4',5' Hexaclorobifenila (#138)	0,0018	0,0024	< 0,0002	-
2,2',3,4,4',5,5' Heptaclorobifenila (#180)	0,0014	0,0018	0,0006	-
Bifenilas Policloradas Totais (PCB's)	0,0049	0,0069	0,0036	0,03 ⁽¹⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014).



Tabela 5.3.1-5 – Principais resultados analíticos – Solo multiincremento (POC)

Parâmetros	UD-03 (1,0)	UD-05 (0,3)	UD-05 (1,0)	UD-18 (0,3)	UD-18 (1,0)	Valor Orientador
	102127/2015 - 1.0	102115/2015 - 1.0	102116/2015 - 1.0	128291/2015 - 1.0	128292/2015 - 1.0	
	ConAm_SO_2713	ConAm_SO_2718	ConAm_SO_2719	ConAm_SO_2804	ConAm_SO_2805	
POC (mg/kg)						
DDE	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0004	0,0081	0,0145	8,5 ⁽¹⁾
Endosulfan II	0,0164	0,0049	0,0166	< 0,0003	< 0,0003	12 ⁽¹⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014).

Tabela 5.3.1-6 – Principais resultados analíticos – Solo (VOC)

Parâmetros	UD-12 (S-336)	UD-15 (S-438)	UD-15 (S-439)	UD-16 (S-466)	UD-20 (S-575)	Valor Orientador
	115704/2015 - 1.0	110100/2015 - 1.0	110101/2015 - 1.0	121935/2015 - 1.0	103151/2015 - 1.0	
	ConAm_SO_2766	ConAm_SO_2790	ConAm_SO_2791	ConAm_SO_2795	ConAm_SO_2733	
VOC (mg/kg)						
Benzeno	< 0,011	< 0,011	< 0,010	0,046	< 0,010	0,08 ⁽¹⁾
Tolueno	< 0,011	< 0,011	< 0,010	1,99	< 0,010	14 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	0,219	< 0,011	< 0,010	0,504	< 0,010	0,6 ⁽¹⁾
m,p-Xilenos	1,22	< 0,011	< 0,010	1,72	< 0,010	3,2 ⁽¹⁾
o-Xileno	0,43	< 0,011	< 0,010	0,258	< 0,010	650 ⁽²⁾
Estireno	< 0,011	< 0,011	< 0,010	0,026	< 0,010	60 ⁽¹⁾
Bromofórmio	< 0,011	< 0,011	< 0,010	< 0,008	0,158	19 ⁽²⁾
Isopropilbenzeno	0,309	< 0,011	< 0,010	< 0,008	< 0,010	1900 ⁽²⁾
n-Propilbenzeno	1,47	< 0,011	< 0,010	< 0,008	< 0,010	3800 ⁽²⁾
1,3,5-Trimetilbenzeno	0,925	< 0,011	< 0,010	< 0,008	< 0,010	780 ⁽²⁾
1,2,4-Trimetilbenzeno	5,76	0,305	0,065	< 0,008	< 0,010	58 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-7 – Principais resultados analíticos – Solo (TPH fingerprint)

Parâmetros	UD-12 (S-336)	UD-20 (S-594A)	UD-15 (S-438)	UD-15 (S-439)	UD-19 (S-551)	UD-14 (S-403) 2,00 m	UD-12 S-336a	UD-14 S-403a	UD-14 S-403b	UD-14 S-403f	UD-15 S-438 1,5m	UD-15 S-438/ 439c	UD-15 S-438/ 439d	Valor Orientador
	115704/20 15 - 1.0	126830/20 15 - 1.0	110100/20 15 - 1.0	110101/20 15 - 1.0	127504/20 15 - 1.0	147196/20 15-1.0	72905/201 6 - 1.0	72910/201 6 - 1.0	72911/201 6 - 1.0	72927/201 6 - 1.0	72914/201 6 - 1.0	72924/201 6 - 1.0	72925/201 6 - 1.0	
	ConAm_ SO_2766	ConAm_ SO_3055	ConAm_ SO_2790	ConAm_ SO_2791	ConAm_ SO_3075	ConAm_ SO_3291	ConAm_ SO_3769	ConAm_ SO_3775	ConAm_ SO_3776	ConAm_ SO_3776	ConAm_ SO_3790	ConAm_ SO_3781	ConAm_ SO_3787	
TPH fingerprint (mg/kg)														
Pristano	< 581,4	< 14,0	656,9	< 127,4	< 1,7182	<62,735	< 1,1962	< 1,0953	< 1,2579	< 1,3193	< 1,1962	< 1,2063	139,04	-
Fitano	< 581,4	< 14,0	482,6	< 127,4	< 1,7182	<62,735	< 1,1962	< 1,0953	< 1,2579	< 1,3193	< 1,1962	< 1,2063	123,46	-
MCNR	58.252,3	691,6	12.025,1	14.632,1	320,21	3.598,52	75,53	54,08	34,41	88,07	146,91	74,41	15.371,9	-
HRP	16.601,6	140,9	2.103,2	2.616,6	38,30	1.140,66	35,26	120,66	23,88	6,94	8,64	32,83	1.659,4	-
TPH Total	74.853,9	832,5	14.128,2	17.248,7	358,51	4.739,18	110,78	174,736	58,29	95,00	155,55	107,24	17.031,3	1.000 ⁽³⁾
Perfil Cromatográfico	Óleo diesel e lubrifican te	Óleo Diesel Intemperi zado	Óleo Diesel Intemperi zado	Óleo Diesel Intemperi zado	Óleo diesel e lubrifican te	Querosene e óleo diesel	Não provenie nte de derivado de petróleo	Óleo Diesel Intemperi zado	Óleo diesel	Óleo lubrifican te	Óleo lubrifican te	Óleo diesel	Óleo diesel intemperi zado	

Legenda: (3) Decisão de diretoria nº 010/2006/C – de 26 de janeiro de 2006 (CETESB, 2006);

Tabela 5.3.1-8 – Principais resultados analíticos – Amostras de solo (SVOC-TIC)

Parâmetros	ST/PMN-01 - 0,3m	ST/PMN-01 - 1,0m	ST/PMN-02 - 1,0m	ST/PMN-04 - 0,3m	ST/PMN-07 - 0,3m	ST/PMN-07 - 1,0m	ST/PMN-17 - 0,3m	ST/PMN-17 - 1,0m	Valor Orientador
	147457/2015-1.0	147458/2015-1.0	5850/2016-1.0	147459/2015-1.0	147461/2015-1.0	ST/PMN-07 - 1,0m	15542/2016-1.0	15543/2016-1.0	
	ConAm_SO_3258	ConAm_SO_3259	ConAm_SO_3263	ConAm_SO_3270	ConAm_SO_3278	ConAm_SO_3279	ConAm_SO_3286	ConAm_SO_3287	
SVOC-TIC (mg/kg)									
Acenafteno	NI	NI	NI	NI	0,86	NI	NI	NI	3600 ⁽²⁾
Dibenzofurano	NI	NI	NI	NI	0,58	NI	NI	NI	73 ⁽²⁾
Fluoreno	NI	NI	NI	NI	0,83	NI	NI	NI	2400 ⁽²⁾
Fenantreno	NI	NI	NI	NI	7,93	NI	0,04	NI	40 ⁽¹⁾
Antraceno	NI	NI	NI	NI	1,19	NI	0,01	NI	4600 ⁽¹⁾
Fluoranteno	NI	NI	NI	0,08	6,70	0,05	0,16	0,07	2400 ⁽²⁾
Pireno	NI	NI	NI	0,14	8,15	0,07	0,06	0,03	1800 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	NI	NI	NI	NI	3,00	NI	NI	NI	7 ⁽¹⁾
Criseno	NI	NI	NI	NI	2,82	NI	NI	NI	600 ⁽¹⁾
Bis[2-Etilexil]ftalato	NI	NI	24,15	NI	NI	NI	NI	NI	250 ⁽¹⁾
Benzo(b)fluoranteno	NI	NI	NI	NI	3,95	NI	NI	NI	7,2 ⁽¹⁾
Benzo(k)fluoranteno	NI	NI	NI	NI	0,81	NI	NI	NI	75 ⁽¹⁾
Benzo(a)pireno	NI	NI	NI	NI	2,98	NI	NI	NI	0,8 ⁽¹⁾
Carbazol	NI	NI	NI	NI	0,58	NI	NI	NI	-
Alcano ramificado não determinado	0,56	0,42	NI	NI	NI	NI	NI	NI	-
Ftalatos diversos	NI	NI	6,18	NI	NI	NI	NI	NI	-

Legenda: NI: Não Identificado. (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-9 – Resultados analíticos – Amostras de solo (VOC-TIC)

Parâmetros	ST/PMN-01 - 1,0m	ST/PMN-05 - 1,0m	ST/PMN-07 - 1,0m	Valor Orientador
	1511049-02A	1512025-02A	1511049-06A	
	ConAm_SO_3261	ConAm_SO_3277	ConAm_SO_3281	
VOC – TIC (mg/kg)				
Acetona	33,00	15,00	23,00	61000 ⁽²⁾

Legenda: (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.1-10 – Resultados analíticos – Solo (Geotecnia)

Parâmetros	Unidade	ST/PMN-01 - 1,0m	ST/PMN-01 - 9,5m	ST/PMN-03 - 0,5m	ST/PMN-03 - 7,5m	ST/PMN-04 - 1,0m	ST/PMN-04 - 3,5m	ST/PMN-04 - 7,5m	ST/PMN-05 - 1,0m
		147465/2015 - 1.0	147466/2015 - 1.0	156725/2015 - 1.0	156726/2015 - 1.0	147467/2015 - 1.0	147468/2015 - 1.0	147469/2015 - 1.0	155503/2015 - 1.0
		ConAm_SO_32 90	ConAm_SO_32 92	ConAm_SO_32 96	ConAm_SO_32 97	ConAm_SO_32 99	ConAm_SO_33 00	ConAm_SO_33 01	ConAm_SO_33 02
Parâmetros Geotécnicos									
Densidade Aparente	g/cm ³	1,59	1,48	1,49	0,64	1,57	1,65	1,55	1,25
Densidade de Partículas	g/cm ³	2,71	2,80	2,79	1,76	2,72	2,85	2,90	2,92
Matéria Orgânica Total	%	1,71	< 0,740	1,57	6,83	0,79	1,83	< 0,740	< 0,740
Fração Carbono Orgânica	%	0,99	< 0,740	0,91	3,96	< 0,740	1,06	< 0,740	< 0,740
Macroporosidade	%	6,64	5,57	9,75	6,23	5,08	6,48	5,55	8,29
Microporosidade	%	33,80	36,50	30,40	67,20	38,50	30,90	38,40	41,30
Porosidade Total	%	40,50	42,10	40,20	73,40	43,50	37,40	43,90	49,60
Umidade	%	15,10	17,30	13,40	52,80	16,20	13,60	17,60	18,20
Argila	%	28,10	6,30	31,80	48,80	54,30	20,70	16,60	62,70
Silte	%	21,50	26,10	18,70	46,60	17,40	12,00	5,50	8,06
Areia muito fina	%	9,01	17,60	9,07	0,54	6,93	12,60	2,97	4,45
Areia fina	%	10,10	21,50	11,40	0,46	5,19	19,90	22,90	7,22
Areia média	%	11,40	16,40	11,00	0,80	6,65	14,90	44,00	8,62
Areia grossa	%	9,88	9,42	7,96	1,27	6,03	9,61	3,26	5,47
Areia muito grossa	%	5,84	2,39	4,90	1,46	3,43	5,09	2,14	2,52
Cascalho	%	3,85	< 0,1100	4,87	< 0,1100	0,16	4,97	2,27	0,47
Areia Total	%	47,20	67,23	44,29	4,53	28,23	62,16	75,28	28,28
pH(CaCl ₂)	-	NA	NA	5,59	5,47	NA	NA	NA	4,94
Condutividade Hidráulica	cm/h	NA	NA	5,86	0,08	NA	NA	NA	4,95
Porosidade Efetiva	%	NA	NA	9,75	6,23	NA	NA	NA	8,29
Carbono Orgânico Total	%	0,990	< 0,740	0,91	3,96	< 0,740	1,06	< 0,740	< 0,740

Tabela 5.3.1-10 – Resultados analíticos – Solo (Geotecnia) (Continuação)

Parâmetros	Unidade	ST/PMN-09 - 0,5m	ST/PMN-09 - 1,0m	ST/PMN-09 - 3,5m	ST/PMN-16 - 0,4m	ST/PMN-16 - 3,0m	ST/PMN-16 - 4,5m	ST/PMN-17 - 0,7m	ST/PMN-17 - 4,5m
		155504/2015 - 1.0	155505/2015 - 1.0	155506/2015 - 1.0	156722/2015 - 1.0	156723/2015 - 1.0	156724/2015 - 1.0	15544/2016 - 1.0	15545/2016 - 1.0
		ConAm_SO_33 08	ConAm_SO_33 09	ConAm_SO_33 10	ConAm_SO_33 16	ConAm_SO_33 17	ConAm_SO_33 03	ConAm_SO_33 18	ConAm_SO_33 19
Parâmetros Geotécnicos									
Densidade Aparente	g/cm ³	1,77	1,58	1,43	1,74	1,15	1,70	1,56	0,506
Densidade de Partículas	g/cm ³	2,69	2,75	2,85	2,63	2,58	3,14	3,54	4,47
Matéria Orgânica Total	%	0,89	< 0,740	< 0,740	4,26	1,44	0,88	2,08	3,71
Fração Carbono Orgânica	%	< 0,740	< 0,740	< 0,740	2,47	0,84	< 0,740	1,21	2,15
Macroporosidade	%	4,34	7,40	5,10	8,36	6,61	8,03	5,3	5,13
Microporosidade	%	28,80	35,40	41,60	26,90	48,80	25,00	32	72,2
Porosidade Total	%	33,10	42,80	46,70	35,30	55,40	33,00	37,3	77,3
Umidade	%	11,80	15,90	19,90	11,40	27,60	10,50	13,8	64
Argila	%	34,20	28,90	69,30	11,10	41,60	1,04	24	48,5
Silte	%	9,78	8,46	3,63	15,30	22,70	0,17	17,3	23,9
Areia muito fina	%	9,43	11,10	4,32	6,87	9,55	2,14	10,2	3,13
Areia fina	%	12,40	12,50	7,71	13,80	16,10	6,27	13,5	4,55
Areia média	%	16,30	17,70	9,53	30,50	8,42	16,80	13,9	3,89
Areia grossa	%	9,72	12,10	3,49	18,50	1,11	32,70	9,75	2,04
Areia muito grossa	%	5,89	6,98	1,18	2,77	0,31	29,50	6,32	2,18
Cascalho	%	1,98	2,12	0,54	0,81	< 0,1100	11,10	5,05	11,5
Areia Total	%	53,78	60,39	26,23	72,41	35,47	87,40	53,66	15,79
pH(CaCl ₂)	-	4,84	4,82	5,14	7,92	4,78	5,01	6,98	6,78
Condutividade Hidráulica	cm/h	< 0,004	0,75	< 0,004	0,08	0,22	2,69	< 0,004	0,486
Porosidade Efetiva	%	4,34	7,40	5,10	8,36	6,61	8,03	5,3	5,13
Carbono Orgânico Total	%	< 0,740	< 0,740	< 0,740	2,47	0,84	< 0,740	1,21	2,15

Nesta matriz, foram detectados compostos dos grupos SVOC e TPH Total em concentrações superiores aos Valores Orientadores da CETESB para uso residencial.

Para o grupo de compostos SVOCs, foi detectado pelo método de varredura por cromatografia (TIC) o seguinte parâmetro:

- ✓ Benzo(a)pireno (V.O.= 0,8 mg/kg)
 - ST/PMN-07 = 2,98 mg/kg;

Para o grupo de TPH total, foram detectados nos pontos abaixo:

- ✓ TPH Total (V.O.= 1000 mg/kg)
 - UD-12 (S-336) = 74.853,9 mg/kg;
 - UD-15 (S-438) = 14.128,2 mg/kg;
 - UD-15 (S-439) = 17.248,7 mg/kg;
 - UD-14(S-403) = 4.739,18 mg/kg;
 - UD-15(S438/439d) = 17.031,38 mg/kg;

Salienta-se que a concentração encontrada de Benzo(a)pireno na sondagem destinada ao poço PMN-07 se encontra na mesma região das sondagens multiincremento S-438 e S-439, onde foi detectado TPH.

O Benzo(a)pireno é um hidrocarboneto policíclico aromático (PAH), e faz parte da composição do óleo diesel, estando relacionado também à sua combustão ou mesmo degradação. Assim, sua detecção é condizente com as concentrações de TPH encontradas na mesma área, compatíveis com óleo diesel intemperizado. O Benzo(a)pireno foi, então, considerado como parte do TPH encontrado no solo.

Para os demais parâmetros analisados, conforme escopo apresentado, não houve detecção de compostos em concentração superior aos valores de intervenção CETESB (2014).

No **Anexo XIV** podem ser consultados os laudos analíticos na íntegra emitidos pelo laboratório para amostras de solo.

5.3.2 Água Subterrânea

5.3.2.1 Áreas AI-02 e AI-03

Durante a amostragem de água subterrânea, foram medidos os parâmetros físico-químicos: pH, Condutividade Elétrica e Temperatura. A **Tabela 4.3.2.1-1** apresenta os resultados das medições realizadas *in situ*.

Tabela 5.3.2.1-1 – Parâmetros Físico-Químicos medidos na amostragem

Poço	N.A. Estabilizado (m)	Temp. (°C)	pH	C. E. (µS/cm)	O.D. (ppm)	ORP (mV)	Horário	Data
PM-01	2,48	22,13	6,9	1552	N.D.	-114,1	10:05	19/01/2016
PM-03	1,45	21,8	6,46	1066	N.D.	-9,4	12:19	18/01/2016
PM-04*	3,36	26,16	6,61	1464	N.D.	-111,9	14:51	24/02/2016
PM-05	2,67	22,73	6,19	385	N.D.	-33,7	14:54	20/01/2016
PM-06	2,18	22,85	6,37	869	N.D.	-73,3	11:36	20/01/2016
PM-07*	2,9	23,98	7,08	2760	N.D.	-1632	14:50	22/01/2016
PM-08	1,49	21,81	5,67	185	N.D.	47,6	9:35	20/01/2016
PM-09	1,51	21,31	5,02	303	1,48	327,9	9:03	22/01/2016
PM-10	0,49	22,19	5,91	304	0,3	38,2	10:10	22/01/2016
PM-11	1,09	22,5	6,28	398	0,3	-25,7	12:34	23/02/2016
PM-12	2,26	22,93	6,03	508	N.D.	16,5	10:08	21/01/2016
PM-13	1,53	24,08	6,4	1009	N.D.	-58,4	12:02	21/01/2016
PM-14	2,32	20,97	6,18	1161	0,14	-98,2	10:56	21/01/2016
PM-15	1,9	22,63	5,41	186	3,63	53,3	15:03	21/01/2016
PM-16	0,7	24,21	6,44	705	N.D.	-20,1	11:59	22/01/2016
PM-17*	1,41	22,39	6,79	682	0,43	93,9	14:59	24/02/2016
PM-18	2,79	22,06	5,77	556	1,71	141,5	15:35	23/02/2016
PM-19	3,54	21,57	6,18	564	N.D.	115,4	11:19	06/06/2016
PM-20	3,86	21,96	6,81	1546	2,05	65,7	11:42	06/06/2016
PM-31	3,96	23,26	7,19	1669	N.D.	-163,6	14:00	06/06/2016
PM-32	5,07	22,79	5,56	420	0,41	-26	13:23	06/06/2016
PM-33	4,38	21,84	6,28	1062	0,57	-118,1	11:02	06/06/2016
PM-34	3,05	21,99	5,82	303	N.D.	132	12:03	06/06/2016
PM-35	3,5	21,72	6,69	1055	N.D.	-110,7	15:14	06/06/2016
PM-36	3,4	22,85	5,34	264	0,61	170,4	12:44	06/06/2016
PM-37	4,15	22,44	7,08	1613	0,12	-93,2	13:37	06/06/2016
PMN-01	4,61	21,87	5,65	171	N.D.	199	10:37	19/01/2016
PMN-03	7,11	21,26	5,75	609	0,24	-64,7	14:43	06/06/2016
PMN-04	3,78	21,83	4,88	209	N.D.	176,3	14:12	19/01/2016
PMN-06	2,54	21,84	5,8	360	0,12	-147,4	11:55	20/01/2016
PMN-08	2,6	21,15	6,25	290	0,01	-200,9	10:10	20/01/2016
PMN-10	0,89	21,18	6,05	300	0,21	-60,6	9:19	22/01/2016
PMN-11	1,34	21,93	5,71	243	N.D.	136,3	12:27	23/02/2016
PMN-12	3,4	21,49	5,97	326	0,16	-176,1	15:00	20/01/2016
PMN-14	3,49	20,24	5,92	408	0,15	-106,1	10:02	21/01/2016
PMN-15	2,34	21,71	6,66	417	0,17	74,9	14:15	21/01/2016
PMN-17	2,43	21,23	6,5	303	0,06	-60,7	11:16	23/02/2016

*Adotado o procedimento de purga mínima.



As medições do nível d'água (NA) durante o processo de amostragem e coleta de águas subterrâneas oscilaram de 0,49 (PM-10) a 5,07 (PM-32), com média de 2,59 metros, nos poços rasos, e de 0,89 (PMN-10) a 7,11 (PMN-03), com média de 3,13 metros, nos poços profundos. Não foi constatada a presença de Fase Livre Aquosa (sobrenadante). Como já foi citado na tabela acima, os PM-04, PM-07 e PM-17, foram coletados sob purga mínima, no entanto, apresentam apenas uma leitura dos parâmetros Físico-Químicos.

Ao analisar os pontos com parâmetros disponíveis, onde foram monitorados *in situ* na água subterrânea, no aquífero freático superficial apontaram pH oscilando entre 5,02 a 7,19, sendo a média entre os poços de 6,25; no aquífero profundo, o pH oscilou entre 4,88 a 6,66, sendo a média entre os poços de 5,92. De acordo com Santos (2000), a maioria das águas subterrâneas tem pH entre 4,66 a 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11. Sendo assim, o pH detectado para os poços investigados, estão em conformidade com o pH de águas subterrâneas.

A condutividade elétrica é a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica, e está diretamente relacionada com a quantidade de íons na água. As medições realizadas mostram uma variação entre 185 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PM-08) a 2760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PM-09), no aquífero superficial, sendo que a média ficou em torno de 868,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No aquífero profundo, houve variação de 171 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PMN-01) a 609 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (PMN-03b), com média de 330,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Espera-se que quanto maior a quantidade de íons na água, maior será a sua condutividade.

O Potencial Óxido Redução oscilou de -1632 mV (PM-07) a 327,9 mV (PM-09), no aquífero raso, e entre -200,9 mV a 199 mV, no aquífero profundo. Portanto, o aquífero freático local apresenta variação entre reações oxidantes ou redutoras.

O oxigênio dissolvido variou de 0,12 ppm (PM-37) a 3,63 ppm (PM-15), com média em torno de 0,98 ppm para o aquífero raso. Para o aquífero profundo, o oxigênio dissolvido variou entre 0,01 ppm (PMN-08) e 0,24 ppm PMN-03b, com média de 0,14 ppm.

As **Tabelas 5.3.2.1-2 a 5.3.2.1-7** apresentam os principais resultados analíticos detectados nas amostras enviadas ao laboratório, em comparação aos valores orientadores de intervenção para água subterrânea da Cetesb (2014) e USEPA (Junho 2015).

Tabela 5.3.2.1-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Totais)

Parâmetros	PM-01	PMN-01	PM-03	PMN-03	PM-04	PMN-04	PM-05	PM-06	PMN-06	PM-07	Valor Orientador
	6337/2016 - 1.1 ConAm_AS_5530	6338/2016 - 1.1 ConAm_AS_5531	6112/2016 - 1.1 ConAm_AS_5532	18869/2016 - 1.0 ConAm_AS_5533	19948/2016 - 1.0 ConAm_AS_5534	6339/2016 - 1.1 ConAm_AS_5535	6907/2016 - 1.1 ConAm_AS_5536	6908/2016 - 1.1 ConAm_AS_5537	6909/2016 - 1.1 ConAm_AS_5538	7888/2016 - 1.1 ConAm_AS_5539	
Metais Totais (µg/L)											
Alumínio Total	< 30,0	252,20	< 30,0	8.293,80	< 30,0	476,20	< 30,0	< 30,0	430,90	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Total	821,10	147,30	264,10	414,90	265,80	249,50	227,70	63,60	125,60	1.068,30	700 ⁽¹⁾
Boro Total	107,00	47,90	82,40	< 15,0	< 15,0	< 15,0	305,80	226,10	129,30	138,00	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Total	< 9,00	< 9,00	< 9,00	35,70	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 ⁽¹⁾
Cobalto Total	< 5,00	< 5,00	< 5,00	7,04	14,60	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	51,40	70 ⁽¹⁾
Cobre Total	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	2000 ⁽¹⁾
Ferro Total	24.653,90	357,50	8.874,10	43.061,90	13.302,30	96,10	43.176,80	3.267,60	979,00	30.994,50	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	2.873,50	328,40	950,20	721,10	8.745,60	868,40	999,60	1.264,30	625,50	8.105,40	0,052 ⁽²⁾
Níquel Total	< 5,00	< 5,00	< 5,00	15,50	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Zinco Total	< 70,0	< 70,0	< 70,0	110,60	< 70,0	224,60	< 70,0	< 70,0	< 70,0	110,00	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Total	218.152,2	5.178,80	17.500,00	17.127,20	356.195,7	12.435,20	42.239,10	161.304,3	42.293,50	132.173,9	-
Magnésio Total	120.434,8	1.409,40	23.478,30	6.247,00	45.000,00	5.592,20	10.618,90	38.369,60	5.744,10	76.847,80	-
Potássio Total	55.217,40	4.050,00	22.587,00	13.857,60	31.956,50	4.755,50	3.383,90	7.253,60	5.054,10	164.565,2	-
Sódio Total	30.760,90	29.343,50	18.260,90	30.108,70	23.587,00	16.199,30	6.022,10	12.391,90	10.043,50	287.608,7	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Totais) (Continuação)

Parâmetros	PM-08	PMN-08	PM-09	PM-10	PMN-10	PM-11	PMN-11	PM-12	PMN-12	PM-13	PM-14	PMN-14	Valor Orientador
	6910/2016 - 1.1	6911/2016 - 1.1	7889/2016 - 1.1	7890/2016 - 1.1	7891/2016 - 1.1	19547/201 6 - 1.0	19548/201 6 - 1.0	7311/2016 - 1.1	6912/2016 - 1.1	7312/2016 - 1.1	7313/2016 - 1.1	7314/2016 - 1.1	
	ConAm_A S_5540	ConAm_A S_5541	ConAm_A S_5542	ConAm_A S_5543	ConAm_A S_5544	ConAm_A S_5556	ConAm_A S_5557	ConAm_A S_5545	ConAm_A S_5546	ConAm_A S_5547	ConAm_A S_5548	ConAm_A S_5549	
Metais Totais (µg/L)													
Alumínio Total	< 30,0	915,40	638,00	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	309,70	481,70	754,60	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Total	20,10	263,00	78,70	150,70	145,70	66,60	158,90	1.475,60	299,10	1.097,80	723,90	253,10	700 ⁽¹⁾
Boro Total	85,90	63,00	97,90	67,90	42,20	< 15,0	< 15,0	97,80	< 15,0	42,90	38,80	< 15,0	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Total	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 ⁽¹⁾
Cobalto Total	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	19,40	< 5,00	20,30	124,10	< 5,00	44,60	62,40	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Cobre Total	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	2000 ⁽¹⁾
Ferro Total	383,00	2.452,20	< 30,0	39,30	315,50	20.722,7	452,40	38.767,5	50.900,4	80.796,1	93.253,3	50.574,3	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	< 10,0	948,90	312,00	494,10	565,40	304,90	866,90	10.466,1	1.532,10	3.715,20	7.479,30	1.493,90	0,052 ⁽²⁾
Níquel Total	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Zinco Total	< 70,0	< 70,0		< 70,0	148,80	< 70,0	< 70,0	89,30	< 70,0	137,00	142,60	210,60	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Total	31.434,8	37.217,4	43.760,9	37.489,1	28.739,1	43.652,2	20.760,9	32.173,9	18.173,9	49.826,1	43.576,1	27.358,7	-
Magnésio Total	6.520,90	6.568,50	8.420,70	6.639,10	3.215,40	7.948,00	3.624,50	10.581,4	2.642,90	13.983,3	10.491,5	7.105,80	-
Potássio Total	4.189,00	6.586,80	4.312,10	10.299,7	14.152,2	6.002,90	5.616,60	14.793,5	4.781,00	9.271,70	12.296,7	6.232,20	-
Sódio Total	6.109,70	15.152,2	8.256,50	15.641,3	21.217,4	11.747,1	26.326,1	13.368,3	12.706,5	34.163,0	49.510,9	22.630,4	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Totais) (Continuação)

Parâmetros	PM-15	PMN-15	PM-16	PM-17	PMN-17	PM-18	PM-31	PM-32	PM-33	PMN-03	Valor Orientador
	7315/2016 - 1.1	7316/2016 - 1.1	7892/2016 - 1.1	19949/2016 - 1.0	19549/2016 - 1.0	19550/2016 - 1.0	79954/2016 - 1.0	79955/2016 - 1.0	79956/2016 - 1.0	80183/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5550	ConAm_AS_5551	ConAm_AS_5552	ConAm_AS_5558	ConAm_AS_5559	ConAm_AS_5686	ConAm_AS_6864	ConAm_AS_6865	ConAm_AS_6866	ConAm_AS_6871	
Metais Totais (µg/L)											
Alumínio Total	< 30,0	< 30,0	< 30,0	54,40	50,40	317,80	< 30,0	205,30	< 30,0	NA	20000 ⁽²⁾
Bário Total	70,30	176,10	296,50	119,30	223,10	30,00	391,30	204,70	764,10	NA	700 ⁽¹⁾
Boro Total	25,20	47,80	63,50	< 15,0	< 15,0	< 15,0	86,80	< 15,0	< 15,0	NA	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Total	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 ⁽¹⁾
Cobalto Total	< 5,00	< 5,00	24,70	< 5,00	< 5,00	6,98	< 5,00	28,90	25,30	NA	70 ⁽¹⁾
Cobre Total	< 9,00	< 9,00	< 9,00	60,50	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	NA	2000 ⁽¹⁾
Ferro Total	< 30,0	50,00	10.788,00	423,80	26.128,40	301,90	7.015,20	2.233,70	58.595,70	NA	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	39,70	238,90	2.021,50	393,50	838,10	726,10	553,30	2.258,70	3.818,50	NA	0,052 ⁽²⁾
Níquel Total	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	NA	70 ⁽¹⁾
Zinco Total	< 70,0	114,10	90,30	139,80	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	NA	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Total	22.271,70	10.203,00	93.989,10	79.782,60	15.760,90	86.913,00	214.347,80	40.500,00	95.695,70	NA	-
Magnésio Total	5.245,70	1.490,10	12.163,10	6.690,80	1.849,20	22.369,60	155.217,40	13.097,80	36.978,30	NA	-
Potássio Total	1.453,80	5.777,20	9.419,90	5.340,20	4.792,00	2.519,20	75.304,30	32.141,30	110.652,20	NA	-
Sódio Total	8.931,50	81.097,80	20.847,80	94.565,20	28.913,00	22.369,60	30.434,80	22.663,00	48.076,10	NA	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Dissolvidos)

Parâmetros	PM-01	PMN-01	PM-03	PMN-03	PM-04	PMN-04	PM-05	PM-06	PMN-06	PM-07	PM-08	Valor Orientador
	6337/2016 - 1.1	6338/2016 - 1.1	6112/2016 - 1.1	18869/2016 - 1.0	19948/2016 - 1.0	6339/2016 - 1.1	6907/2016 - 1.1	6908/2016 - 1.1	6909/2016 - 1.1	7888/2016 - 1.1	6910/2016 - 1.1	
	ConAm_A S_5530	ConAm_A S_5531	ConAm_A S_5532	ConAm_A S_5533	ConAm_A S_5534	ConAm_A S_5535	ConAm_A S_5536	ConAm_A S_5537	ConAm_A S_5538	ConAm_A S_5539	ConAm_A S_5540	
Metais Dissolvidos (µg/L)												
Alumínio Dissolvido	< 30,0	169,00	< 30,0	3.059,00	< 30,0	267,00	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	726,00	119,00	259,00	377,00	219,00	220,00	201,00	57,90	98,20	927,00	12,80	700 ⁽¹⁾
Boro Dissolvido	102,00	26,00	77,30	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	68,50	< 15,0	110,00	< 15,0	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Dissolvido	< 9,00	< 9,00	< 9,00	27,30	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 ⁽¹⁾
Cobalto Dissolvido	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	11,40	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	45,80	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Cobre Dissolvido	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	2000 ⁽¹⁾
Ferro Dissolvido	21.169,0	131,0	5.102,00	40.600,0	12.207,0	71,6	41.471,0	2.248,0	917,0	679,0	217,0	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	2.840,0	303,0	835,0	551,0	8.237,0	727,0	987,0	1.030,0	564,0	6.912,0	< 10,0	0,052 ⁽²⁾
Níquel Dissolvido	< 5,00	< 5,00	< 5,00	10,60	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Zinco Dissolvido	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Dissolvido	186.087	4.353	15.652	15.884	334.457	10.347	39.315	149.891	395.109	40.978	27.902	-
Magnésio Dissolvido	94.457	1.245	18.913	5.937	42.065	4.636	10.231	37.283	5.104	47.174	4.423	-
Potássio Dissolvido	46.848	3.555	19.130	11.967	30.978	3.912	3.086	7.031	4.415	148.587	3.478	-
Sódio Dissolvido	20.326	24.992	15.217	19.348	20.761	13.997	5.531	11.227	8.326	262.174	5.499	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Dissolvidos) (Continuação)

Parâmetros	PMN-08	PM-09	PM-10	PMN-10	PM-11	PMN-11	PM-12	PMN-12	PM-13	PM-14	PMN-14	Valor Orientador
	6911/2016 - 1.1	7889/2016 - 1.1	7890/2016 - 1.1	7891/2016 - 1.1	19547/2016 - 1.0	19548/2016 - 1.0	7311/2016 - 1.1	6912/2016 - 1.1	7312/2016 - 1.1	7313/2016 - 1.1	7314/2016 - 1.1	
	ConAm_A S_5541	ConAm_A S_5542	ConAm_A S_5543	ConAm_A S_5544	ConAm_A S_5556	ConAm_A S_5557	ConAm_A S_5545	ConAm_A S_5546	ConAm_A S_5547	ConAm_A S_5548	ConAm_A S_5549	
Metais Dissolvidos (µg/L)												
Alumínio Dissolvido	< 30,0	626,00	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	392,00	< 30,0	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	187,00	78,40	146,00	126,00	< 10,0	83,80	1.306,00	240,00	1.096,00	689,00	236,00	700 ⁽¹⁾
Boro Dissolvido	15,20	97,00	45,10	34,60	< 15,0	< 15,0	59,80	< 15,0	37,90	24,90	< 15,0	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Dissolvido	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 ⁽¹⁾
Cobalto Dissolvido	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	17,60	104,00	< 5,00	42,60	56,20	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Cobre Dissolvido	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	2000 ⁽¹⁾
Ferro Dissolvido	829,00	< 30,0	38,90	172,00	16.527	393,00	37.715	47.764	80.547	85.159	48.755	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	868,00	296,00	494,00	529,00	206,00	711,00	8.512,00	1.451,00	3.690,00	6.970,00	1.430,00	0,052 ⁽²⁾
Níquel Dissolvido	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	70 ⁽¹⁾
Zinco Dissolvido	< 70,0	< 70,0	< 70,0	147,00	< 70,0	< 70,0	79,90	< 70,0	< 70,0	< 70,0	106,00	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Dissolvido	35.337	42.902	35.913	27.663	40.250	14.793	31.739	15.772	44.043	36.848	25.924	-
Magnésio Dissolvido	4.642	8.270	6.471	3.138	6.935	3.054	10.192	2.525	13.815	10.410	6.939	-
Potássio Dissolvido	5.378	4.266	10.130	13.272	5.178	5.096	14.457	4.439	8.576	10.897	5.887	-
Sódio Dissolvido	13.630	7.940	15.467	19.772	9.434	18.717	11.846	11.796	31.935	48.370	21.739	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Dissolvidos) (Continuação)

Parâmetros	PM-15	PMN-15	PM-16	PM-17	PMN-17	PM-18	PM-31	PM-32	PM-33	PMN-03	Valor Orientador
	7315/2016 - 1.1	7316/2016 - 1.1	7892/2016 - 1.1	19949/2016 - 1.0	19549/2016 - 1.0	19550/2016 - 1.0	79954/2016 - 1.0	79955/2016 - 1.0	79956/2016 - 1.0	80183/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5550	ConAm_AS_5551	ConAm_AS_5552	ConAm_AS_5558	ConAm_AS_5559	ConAm_AS_5686	ConAm_AS_6864	ConAm_AS_6865	ConAm_AS_6866	ConAm_AS_6871	
Metais Dissolvidos (µg/L)											
Alumínio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	< 30,0	224,00	< 30,0	174,00	< 30,0	NA	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	67,80	167,00	288,00	83,80	145,00	< 10,0	201,00	109,00	470,00	NA	700 ⁽¹⁾
Boro Dissolvido	18,60	40,20	53,70	< 15,0	< 15,0	< 15,0	72,30	< 15,0	< 15,0	NA	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Dissolvido	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	10 ⁽¹⁾
Cobalto Dissolvido	< 5,00	< 5,00	24,00	< 5,00	< 5,00	5,26	< 5,00	15,30	15,20	NA	70 ⁽¹⁾
Cobre Dissolvido	< 9,00	< 9,00	< 9,00	25,90	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	< 9,00	NA	2000 ⁽¹⁾
Ferro Dissolvido	< 30,0	46,40	10.526,00	47,70	21.798	129,00	1.501,00	1.159,00	28.739	NA	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	38,80	216,00	1.910,00	314,00	736,00	502,00	410,00	1.376,00	2.560,00	NA	0,052 ⁽²⁾
Níquel Dissolvido	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	NA	70 ⁽¹⁾
Zinco Dissolvido	< 70,0	109,00	86,20	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	NA	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Dissolvido	21.446	9.875	91.315	53.152	12.641	65.804	180.652	32.152	80.804	NA	-
Magnésio Dissolvido	4.955	1.485	11.843	4.767	1.615	19.783	70.620	12.370	19.880	NA	-
Potássio Dissolvido	1.323	5.672	9.203	4.760	4.376	2.124	50.935	18.478	70.815	NA	-
Sódio Dissolvido	8.914	67.261	20.587	90.109	222.826	27.587	26.087	18.696	41.739	NA	-

Legenda: NA.: Não Analisado. (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-4 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (SVOC)

Parâmetros	PM-04	Valor Orientador
	19948/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5534	
SVOC (µg/L)		
Naftaleno	39,20	60 ⁽¹⁾
2-Metilnaftaleno	8,82	36 ⁽²⁾
Acenaftileno	5,34	-
Acenafteno	2,20	530 ⁽²⁾
Dibenzofurano	2,04	7,9 ⁽²⁾
Fluoreno	3,18	290 ⁽²⁾
Fenantreno	1,69	140 ⁽¹⁾
Carbazol	5,49	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.1-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (VOC)

Parâmetros	PM-04	PM-06	Valor Orientador
	19948/2016 - 1.0	6908/2016 - 1.1	
	ConAm_AS_5534	ConAm_AS_5537	
VOC (µg/L)			
Clorofórmio	< 3,00	< 3,00	300 ⁽¹⁾
Benzeno	65,30	< 3,00	5 ⁽¹⁾
Tolueno	55,70	391,70	700 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	< 3,00	338,00	300 ⁽¹⁾
m,p-Xilenos	10,90	410,20	500 ⁽¹⁾
o-Xileno	16,20	76,20	
Estireno	10,90	< 3,00	20 ⁽¹⁾
1,3,5-Trimetilbenzeno	< 3,00	69,3	120 ⁽²⁾
1,2,4-Trimetilbenzeno	< 3,00	92,3	15 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).



Tabela 5.3.2.1-6 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metano)

Parâmetros	PM-01	PMN-03	PMN-06	PM-07	PM-12	PM-13	PM-14	PM-11	PMN-11	PMN-17	PM-31	PM-33	Valor Orientador
	6337/2016 - 1.1	18869/2016 6 - 1.0	6909/2016 - 1.1	7888/2016 - 1.1	7311/2016 - 1.1	7312/2016 - 1.1	7313/2016 - 1.1	19547/2016 6 - 1.0	19548/2016 - 1.0	19549/2016 6 - 1.0	79954/2016 6 - 1.0	79956/2016 6 - 1.0	
	ConAm_ AS_5530	ConAm_A S_5533	ConAm_ AS_5538	ConAm_A S_5539	ConAm_ AS_5545	ConAm_A S_5547	ConAm_ AS_5548	ConAm_A S_5556	ConAm_A S_5557	ConAm_A S_5559	ConAm_A S_6864	ConAm_ AS_6866	
Metano (µg/L)													
Metano	1,78	3,35	0,11	0,76	0,17	1,72	1,82	0,29	0,13	1,19	0,70	0,74	-

Tabela 5.3.2.1-7 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Físico-químicos)

Parâmetros	un.	PM-01	PMN-01	PM-03	PMN-03	PM-04	PMN-04	PM-05	PM-06	PMN-06	PM-07	V.O
		6337/201 6 - 1.1	6338/201 6 - 1.1	6112/201 6 - 1.1	18869/20 16 - 1.0	19948/20 16 - 1.0	6339/201 6 - 1.1	6907/201 6 - 1.1	6908/201 6 - 1.1	6909/201 6 - 1.1	7888/201 6 - 1.1	
		ConAm_ AS_5530	ConAm_ AS_5531	ConAm_ AS_5532	ConAm_ AS_5533	ConAm_ AS_5534	ConAm_ AS_5535	ConAm_ AS_5536	ConAm_ AS_5537	ConAm_ AS_5538	ConAm_ AS_5539	
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cloreto Total	µg/L	19.466,0	8.287,0	8.407,0	51.469,0	21.004,0	7.172,0	5.235,0	11.103,0	29.097,0	60.165,0	250.000 ⁽³⁾
Fluoreto Total	µg/L	709,1	58,3	1.732,0	350,6	582,2	240,2	595,3	867,5	398,3	873,6	1.500 ⁽²⁾
Nitrato (como N)	µg/L	< 15,0	168,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	19,0	29,0	< 15,0	351,0	< 15,0	10.000 ⁽¹⁾
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	1.000 ⁽²⁾
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	16.518,0	423,0	6.291,0	27.266,0	1.267,0	123,0	1.507,0	120,0	95,0	121.985,0	1.500 ⁽³⁾
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	22.464,0	1.477,0	8.001,0	31.584,0	3.395,0	797,0	2.905,0	908,0	826,0	184.100,0	-
Sulfato Total	µg/L	50.850,0	26.927,0	163.040	240,3	346.375,0	71.115,0	37.833,0	142.357	57.756,0	4.919,70	250.000 ⁽³⁾
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	820.512	24.864,0	406.112,0	171.976,0	528.360,0	22.792,0	105.672,0	323.232,0	61.124,0	< 15000,0	-
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	518.000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 75000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
DBO	mg/L	16,9	< 3,0	7,50	86,0	26,0	< 3,0	< 3,0	5,77	< 3,0	292,9	-
DQO	mg/L	70,2	< 9,0	31,80	154,0	73,6	< 9,0	< 9,0	15,6	< 9,0	893,0	-
Surfactantes	mg/L	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,27	0,03	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,5 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	< 0,005	< 0,005	0,01	< 0,005	0,02	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-
Nitrogênio Orgânico	µg/L	5.946,0	1.054,0	1.710,0	4.318,0	2.128,0	674,0	1.398,0	788,0	731,0	62.115,0	-
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	-
Ortofosfato como P	µg/L	42,0	20,0	28,0	103,0	464,0	128,0	21,2	36,0	46,0	51,0	-
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	22,4	<1	9,0	37,0	20,8	<1	4,7	3,3	<1	34,5	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Subst. Que representam risco à saúde; (3) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Padrão organoléptico de potabilidade.

Tabela 5.3.2.1-7 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Físico-químicos) (Continuação)

Parâmetros	un.	PM-08	PMN-08	PM-09	PM-10	PMN-10	PM-12	PMN-12	PM-13	PM-14	PMN-14	V.O.
		6910/201 6 - 1.1	6911/201 6 - 1.1	7889/201 6 - 1.1	7890/201 6 - 1.1	7891/201 6 - 1.1	7311/201 6 - 1.1	6912/201 6 - 1.1	7312/201 6 - 1.1	7313/201 6 - 1.1	7314/201 6 - 1.1	
		ConAm_ AS_5540	ConAm_ AS_5541	ConAm_ AS_5542	ConAm_ AS_5543	ConAm_ AS_5544	ConAm_ AS_5545	ConAm_ AS_5546	ConAm_ AS_5547	ConAm_ AS_5548	ConAm_ AS_5549	
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cloreto Total	µg/L	6.326	17.989	8.923	15.949	20.598	17.764	18.175	38.254	44.033	20.261	250.000 ⁽³⁾
Fluoreto Total	µg/L	62,30	172	444,20	109,60	134,60	74,90	121,60	491	505,20	253,30	1.500 ⁽²⁾
Nitrato (como N)	µg/L	1.255	31	1.019	41	2.801	< 15,0	28	< 15,0	109	32	10.000 ⁽¹⁾
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	1.000 ⁽²⁾
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	362	110	67	74	92	11.351	167	32.996	47.387	2.101	1.500 ⁽³⁾
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	2.508	785	2.284	1.051	485	13.436	1.340	36.927	56.623	4.100	-
Sulfato Total	µg/L	48.523	52.016	95.784	47.312	49.151	16.569,10	58.917	5.009,20	134.101,0	62.501	250.000 ⁽³⁾
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	52.836	69.412	16.576	76.664	45.584	176.120,0	< 15000,0	320.124,0	238.280,0	52.836	-
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
DBO	mg/L	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	13,70	6,25	54,60	43	7,89	-
DQO	mg/L	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	39,90	25,70	159,20	130,90	23,70	-
Surfactantes	mg/L	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,5 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	-
Nitrogênio Orgânico	µg/L	2.146	675	2.217	977	393	2.085	1.173	3.931	9.236	1.999	-
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	-
Ortofosfato como P	µg/L	108	91	31	102	59	147	44	94	34	40	-
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	1,20	1	1,41	< 1	1,56	18,50	< 1	48,20	108	3,30	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Subst. Que representam risco à saúde; (3) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Padrão organoléptico de potabilidade.

Tabela 5.3.2.1-7 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Físico-químicos) (Continuação)

Parâmetros	un.	PM-15	PMN-15	PM-16	PM-11	PMN-11	PM-17	PMN-17	PM-18	PM-31	PM-32	PM-33	V.O.
		7315/2016 - 1.1	7316/2016 - 1.1	7892/2016 - 1.1	19547/20 16 - 1.0	19548/20 16 - 1.0	19949/20 16 - 1.0	19549/20 16 - 1.0	19550/20 16 - 1.0	79954/20 16 - 1.0	79955/20 16 - 1.0	79956/20 16 - 1.0	
		ConAm_ AS_5550	ConAm_ AS_5551	ConAm_ AS_5552	ConAm_ AS_5556	ConAm_ AS_5557	ConAm_ AS_5558	ConAm_ AS_5559	ConAm_ AS_5686	ConAm_ AS_6864	ConAm_ AS_6865	ConAm_ AS_6866	
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cloreto Total	µg/L	10.289	38.069	18.699	8.003	28.471	73.973	17.066	12.627	23.862	21.333	24.561	250.000 ⁽³⁾
Fluoreto Total	µg/L	< 30,0	187,50	238,40	162,30	131,50	308	727,10	1.294,30	777,10	516,40	333,20	1.500 ⁽²⁾
Nitrato (como N)	µg/L	1.056	2.742	26	< 15,0	3.159,60	1.902,40	31	64	< 15,0	< 15,0	< 15,0	10.000 ⁽¹⁾
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	38,40	1.840,60	< 15,0	< 15,0	< 15,0	20,30	< 15,0	1.000 ⁽²⁾
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	< 60,0	61	3.080	1.920	326	824	1.642	96	12.658	250	10.652	1.500 ⁽³⁾
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	957	929	5.119	2.566	842	2.416	2.903	199	12.859	504,70	10.808	-
Sulfato Total	µg/L	55.006	36.235	77.531	22.109	17.576	29.570	< 30,0	222.196,0	80.887	93.940	1.256,10	250.000 ⁽³⁾
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	< 15000,0	84.952,0	82.880,0	119.140,0	66.304,0	232.064,0	85.988,0	46.620,0	1.095.570	122.782,8	577.395,0	-
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 75000	< 15000	< 75000	-
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 15000	< 75000	< 15000	< 75000	-
DBO	mg/L	< 3	< 3	< 3	19,60	< 2	8,44	< 2	< 2	8,10	< 2,29	9,10	-
DQO	mg/L	< 9	< 9	< 9	63	< 10,0	24,80	< 10,0	< 10,0	47,80	26,90	53,10	-
Surfactantes	mg/L	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,5 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	0,04	-
Nitrogênio Orgânico	µg/L	957	868	2.039	646	516	1.592	1.261	103	201	254,70	156	-
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	-
Ortofosfato como P	µg/L	17	80	29	23	112	125	159	87	626	185	134	-
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	<1	<1	6,64	8,80	2	3,80	4	3,10	28,20	7,18	33,50	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Subst. Que representam risco à saúde; (3) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Padrão organoléptico de potabilidade.

Na matriz água subterrânea, foram detectados compostos dos grupos VOC e Metais em concentrações superiores aos Valores Orientadores da CETESB.

Para o grupo de compostos VOCs, foram detectados os seguintes parâmetros:

- ✓ Benzeno (V.O.= 5 µg/L)
 - PM-04 = 65,30 µg/L;
- ✓ Etilbenzeno (V.O.= 300 µg/L)
 - PM-06 = 338 µg/L;

Para o grupo dos metais totais, foram detectados 03 parâmetros:

- ✓ Bário (V.O.= 700 µg/L)
 - PM-01 = 821,1 µg/L;
 - PM-07 = 1068,3 µg/L;
 - PM-12 = 1475,6 µg/L;
 - PM-13 = 1097,8 µg/L;
 - PM-14 = 723,90 µg/L;
 - PM-33 = 764,1 µg/L;
- ✓ Chumbo (V.O.= 10 µg/L)
 - PMN-03 = 35,7 µg/L;
- ✓ Cobalto (V.O.= 70 µg/L)
 - PM-12 = 124,1 µg/L;

Da mesma forma, para metais dissolvidos, foram detectados 03 parâmetros:

- ✓ Bário (V.O.= 700 µg/L)
 - PM-01 = 726 µg/L;
 - PM-07 = 927 µg/L;
 - PM-12 = 1306 µg/L;
 - PM-13 = 1096 µg/L;
- ✓ Chumbo (V.O.= 10 µg/L)
 - PMN-03 = 27,30 µg/L;
- ✓ Cobalto (V.O.= 70 µg/L)
 - PM-12 = 104 µg/L;

Ademais, no PM-06, o composto 1,2,4 Trimetilbenzeno apresentou concentração (92,3 µg/L) superior ao Valor de Intervenção (15 µg/L) estabelecido pela USEPA em maio de 2016.

As concentrações detectadas de bário e cobalto encontram-se próximas aos valores orientadores vigentes (CETESB 2014), de modo que tais concentrações verificadas podem estar associadas às condições hidrogeoquímicas locais.

Para a concentração de chumbo detectada no PMN-03, procurou-se confirmar sua detecção por meio de uma reamostragem no poço. Os resultados analíticos da reamostragem não detectaram presença de chumbo:

- ✓ Chumbo (V.O.= 10 µg/L)
 - PMN-03 = < 9 µg/L;

No **Anexo V**, podem ser verificados os laudos analíticos na íntegra referentes às amostras de água subterrânea coletadas nos poços de monitoramento.

5.3.2.2 Área AI-01

Durante a amostragem de água subterrânea nos 10 poços pré-existentes selecionados da área AI-01, foram medidos os parâmetros físico-químicos: pH, Condutividade Elétrica e Temperatura. A **Tabela 5.3.2.2-1** apresenta os resultados das medições realizadas *in situ*.

Tabela 5.3.2.2-1 – Parâmetros Físico-Químicos medidos na amostragem

Poço	N.A. Estabilizado (m)	Temp. (°C)	pH	C. E. (µS/cm)	O.D. (ppm)	ORP (mV)	Horário	Data*
AI-01-PM-01*	3,88	23,41	6,88	861	0,2	-102,2	11:57	11/02/2016
AI-01-PM-04	3,35	27,87	7,05	1443	0,24	-104,6	9:32	11/02/2016
AI-01-PM-06	1,18	25,23	7,23	949	N.D.	-121,4	15:17	11/02/2016
AI-01-PM-15	6,94	26,17	6,21	456	N.D.	-27	14:52	12/02/2016
AI-01-PM-17	3,11	23,7	7,03	838	0,13	-97,9	15:20	11/02/2016
AI-01-PM-27	3,09	24,08	6,78	1048	N.D.	-86,7	10:14	11/02/2016
AI-01-PM-27A	7,44	23,61	6,28	878	N.D.	-97,8	10:16	11/02/2016
AI-01-PM-38	1,67	25,15	7,38	1628	N.D.	-163	12:38	11/02/2016
AI-01-PM-39	1,51	23,78	6,68	1373	0,13	-95	15:45	11/02/2016
AI-01-PM-39A	5,66	23,96	6,47	716	0,04	-32,3	12:18	11/02/2016

São apresentados adiante os resultados analíticos obtidos da área AI-01.

Tabela 5.3.2.2-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Totais)

Parâmetros	AI-01 PM-01	AI-01 PM-04/ PM-06	AI-01 PM-06/ PM-09	AI-01 PM-15/ PM-04A	AI-01 PM-17	AI-01 PM-27	AI-01 PM-27A	AI-01 PM-39	AI-01 PM-39A	AI-01 PM-38	Valor Orientador
	15008/2016 - 1.0	15009/2016 - 1.0	15010/2016 - 1.0	15456/2016 - 1.0	15011/2016 - 1.0	15012/2016 - 1.0	15013/2016 - 1.0	15014/2016 - 1.0	15015/2016 - 1.0	15016/2016 - 1.0	
	ConAm_A S_5580	ConAm_A S_5581	ConAm_A S_5582	ConAm_A S_5583	ConAm_A S_5584	ConAm_A S_5585	ConAm_A S_5586	ConAm_A S_5587	ConAm_A S_5588	ConAm_A S_5589	
Metais Totais (µg/L)											
Alumínio Total	1.790,50	56,60	174,70	4.578,90	2.333,10	679,50	1.928,50	226,40	2.884,90	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Total	668,30	289,80	161,70	917,20	215,20	164,10	292,40	487	84,80	152,50	700 ⁽¹⁾
Boro Total	< 15,0	169,60	83,70	< 15,0	35,70	57,40	52,20	45,20	22,70	541,30	2400 ⁽¹⁾
Chumbo Total	< 9	< 9	< 9	72	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	10 ⁽¹⁾
Cromo Total	< 10,0	< 10,0	< 10,0	14,10	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	50 ⁽¹⁾
Ferro Total	48.968,50	11.714,20	959,40	44.697,80	26.735,90	21.159,80	27.768,50	52.404,30	18.077,20	1.328,30	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	466,60	67,10	149,10	1.880,30	106,20	216,80	< 10,0	451,40	201,20	113,90	0,052 ⁽²⁾
Molibdênio Total	< 15,0	< 15,0	< 15,0	41,40	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	0,052 ⁽²⁾
Vanádio Total	< 15,0	< 15,0	< 15,0	77,30	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	86 ⁽²⁾
Zinco Total	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	76,70	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1800 ⁽¹⁾
Cálcio Total	37.456,50	43.532,60	110.663,0	10.445,10	21.597,80	74.043,50	42.337	94.663	18.077,20	165.641,3	-
Magnésio Total	10.913	12.478,30	25.119,60	6.035,50	8.298,90	20.576,10	12.293,50	33.337	4.933,70	104.141,30	-
Potássio Total	17.391,30	26.304,30	20.543,50	4.722,60	11.200	20.978,30	20.217,40	22.173,90	8.391,30	51.467,40	-
Sódio Total	20.402,20	40.869,60	29.771,70	32.500	27.217,40	28.434,80	34.717,40	63.163	58.032,60	28.152,20	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.3.2.2-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metais Dissolvidos)

Parâmetros	AI-01 PM-01	AI-01 PM-04/PM- 06	AI-01 PM-06/PM- 09	AI-01 PM-15/ PM-04A	AI-01 PM-17	AI-01 PM-27	AI-01 PM-27A	AI-01 PM-39	AI-01 PM-39A	AI-01 PM-38	Intervenção CETESB 2014
	15008/2016 - 1.0	15009/201 6 - 1.0	15010/201 6 - 1.0	15456/201 6 - 1.0	15011/201 6 - 1.0	15012/201 6 - 1.0	15013/201 6 - 1.0	15014/201 6 - 1.0	15015/201 6 - 1.0	15016/201 6 - 1.0	
	ConAm_AS_ 5580	ConAm_A S_5581	ConAm_A S_5582	ConAm_A S_5583	ConAm_A S_5584	ConAm_A S_5585	ConAm_A S_5586	ConAm_A S_5587	ConAm_A S_5588	ConAm_A S_5589	
Metais Dissolvidos (µg/L)											
Alumínio Dissolvido	155	< 30,0	100	950	250	< 30,0	272	167	1.365	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	345	182	13,50	616	166	162	225	418	45	113	700 ⁽¹⁾
Boro Dissolvido	< 15,0	163	55,40	< 15,0	23,90	52,10	35,90	33,80	< 15,0	495	2400 ⁽¹⁾
Ferro Dissolvido	39.021,0	346	872	42.490,0	19.674,0	16.561,0	21.116,0	34.673,0	15.576,0	992	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	383,0	35,6	148,0	1.529,0	53,3	184,0	< 10,0	415,0	193,0	104,0	0,052 ⁽²⁾
Cálcio Dissolvido	32.717	42.717	90.435	8.166	14.674	63.043	40.109	76.087	8.474	136.196,0	-
Magnésio Dissolvido	7.826	10.000	15.761	4.293	8.227	15.761	9.783	24.130	3.254	81.848	-
Potássio Dissolvido	10.554	20.750	15.000	4.537	11.112	16.522	13.935	21.293	8.341	41.522	-
Sódio Dissolvido	17.283	40.652	21.304	29.891	24.783	25.000	32.935	46.848	46.630	19.457	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).



Tabela 5.3.2.2-4 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Metano)

Parâmetros	AI-01 PM-01	AI-01 PM-04/PM- 06	AI-01 PM-06/PM- 09	AI-01 PM-15/PM- 04A	AI-01 PM-17	AI-01 PM-27	AI-01 PM-27A	AI-01 PM-39	AI-01 PM-39A	AI-01 PM-38	Valor Orientador
	15008/2016 - 1.0	15009/2016 - 1.0	15010/2016 - 1.0	15456/2016 - 1.0	15011/2016 - 1.0	15012/2016 - 1.0	15013/2016 - 1.0	15014/2016 - 1.0	15015/2016 - 1.0	15016/2016 - 1.0	
	ConAm_AS _5580	ConAm_AS _5581	ConAm_AS _5582	ConAm_AS _5583	ConAm_AS _5584	ConAm_AS _5585	ConAm_AS _5586	ConAm_AS _5587	ConAm_AS _5588	ConAm_AS _5589	
Metano (µg/L)											
Metano	<0,060	1,55	0,89	0,71	1,80	2,75	2,35	1,69	2,21	2,40	-

Tabela 5.3.2.2-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea (Físico-químico)

Parâmetros	un.	AI-01 PM-01	AI-01 PM-04/PM-06	AI-01 PM-06/PM-09	AI-01 PM-15/PM-04A	AI-01 PM-17	AI-01 PM-27	AI-01 PM-27A	AI-01 PM-39	AI-01 PM-39A	AI-01 PM-38	V.O
		15008/2016 - 1.0	15009/2016 - 1.0	15010/2016 - 1.0	15456/2016 - 1.0	15011/2016 - 1.0	15012/2016 - 1.0	15013/2016 - 1.0	15014/2016 - 1.0	15015/2016 - 1.0	15016/2016 - 1.0	
		ConAm_A S_5580	ConAm_A S_5581	ConAm_A S_5582	ConAm_A S_5583	ConAm_A S_5584	ConAm_A S_5585	ConAm_A S_5586	ConAm_A S_5587	ConAm_A S_5588	ConAm_A S_5589	
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cloreto Total	µg/L	11.990	19.388	28.768	29.296	20.441	19.930	35.650	44.069	50.300	21.426	250.000 ⁽³⁾
Fluoreto Total	µg/L	1.492,80	1.949,10	580,70	275,10	3.316,80	2.757,30	2.631,70	1.612,40	835	620,40	1.500 ⁽²⁾
Nitrato (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	457	136	37	42	< 15,0	< 15,0	10.000 ⁽¹⁾
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	1.000 ⁽²⁾
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	29.644	104.248,0	6.863	12.654	57.378	33.435	33.002	43.257	42.428	14.322	1.500 ⁽³⁾
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	32.873	108.872,0	8.185	15.002	60.771	38.909	36.797	50.703	45.402	21.635	-
Sulfato Total	µg/L	< 30,0	< 30,0	3.361,30	4.100,80	< 30,0	51.741	4.569,20	433,50	901,20	64.456	250.000 ⁽³⁾
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	339.808,0	685.832,0	404.040,0	126.392,0	360.528,0	440.300,0	398.860,0	678.580,0	25.900	922.040,0	-
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 75000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 15000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 15000,0	< 75000,0	-
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 75000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 15000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 75000,0	< 15000,0	< 75000,0	-
DBO	mg/L	30,40	53,50	13,60	68,60	53,90	32,80	49,50	86	109,40	30,70	-
DQO	mg/L	90,40	161,30	43,90	209,80	163,30	98,50	147,10	256,30	329,20	92,50	-
Surfactantes	mg/L	0,23	0,52	0,09	0,02	0,41	0,38	0,42	0,29	0,18	0,19	0,5 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	0,06	< 05	0,02	< 05	0,03	< 05	0,04	< 05	< 05	0,22	-
Nitrogênio Orgânico	µg/L	3.229	4.624	1.322	2.348	3.393	5.474	3.795	7.446	2.974	7.313	-
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	-
Ortofosfato como P	µg/L	95	104	1.042	114	89	97	41	< 10,0	134	250	-
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	21	45	6,20	23	38	26	35	57	88	20	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Subst. Que representam risco à saúde; (3) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Padrão organoléptico de potabilidade.

Nas amostras coletadas na área AI-01 foram detectados apenas alguns Metais Totais em concentrações superiores aos Valores Orientadores da CETESB, em apenas um ponto de amostragem:

- ✓ Bário Total (V.O.= 5 µg/L)
 - AI-01 PM-15/PM-04A = 917,2 µg/L;
- ✓ Chumbo Total (V.O.= 10 µg/L)
 - AI-01 PM-15/PM-04A = 72 µg/L;
- ✓ Molibdênio Total (V.O.= 30 µg/L)
 - AI-01 PM-15/PM-04A = 41,4 µg/L;

As concentrações superiores ao valor orientador CETESB encontradas para estes metais não se repetem nos Metais Dissolvidos.

5.4 Delimitação de contaminantes

A partir dos resultados analíticos é possível delimitar espacialmente os contaminantes detectados, horizontal e verticalmente.

5.4.1 Solo

As seguintes sondagens apresentaram concentração de TPH *fingerprint* acima do valor de intervenção da Decisão de Diretoria CETESB nº 010-2006-C:

- ✓ TPH Total (V.O.= 1000 mg/kg)
 - UD-12 (S-336) = 74.853,9 mg/kg;
 - UD-15 (S-438) = 14.128,2 mg/kg;
 - UD-15 (S-439) = 17.248,7 mg/kg;
 - UD-15 (S438/439d) = 17.031,38 mg/kg;
 - UD-14 (S-403) = 4.739,18 mg/kg;

O ponto S-336, da UD-12, se encontra delimitado horizontalmente pelas sondagens adicionais realizadas, S-336a, S-336b, S-336c e S-336d. A coleta de amostra mais profunda para delimitação vertical não foi possível devido à presença de entulho a 2,0 metros, impedindo realização de sondagem em maior profundidade. Dessa



forma, a área de solo impactado é aproximadamente 62,5 m² com profundidade de 2,00 metros podendo gerar um volume de solo estimado em 125 m³.

Os pontos S-438, S-439 e S438/439d, da UD-15, se encontram delimitados horizontalmente pelas sondagens adicionais S438/439a, S438/439b, S438/439c e S438/439e. A delimitação vertical não foi possível devido à presença de entulhos e concreto a aproximadamente 3,0 metros, impedindo realização de sondagens mais profundas. A área de solo impactado é aproximadamente 190 m² com profundidade de 3,00 metros podendo gerar um volume de solo estimado em 570 m³.

Os pontos S-403, da UD-14, se encontra delimitados horizontalmente pelas sondagens adicionais S-403a e S-403e, S-403b, S-403c e S-403g, S-403d. Verticalmente, a anomalia está delimitada pela sondagem S-403 (ConAm_SO_3774), refeita até 3,0m de profundidade para amostragem e análise de TPH, na qual não foram detectadas concentrações acima do limite de detecção laboratorial. A área de solo impactado é aproximadamente 35 m² com profundidade estimada em 3,00 metros podendo gerar um volume de solo estimado em 105 m³.

O mapa com as isoconcentrações de TPH encontrado e delimitado na matriz Solo é apresentado na **Figura 38**, abaixo.



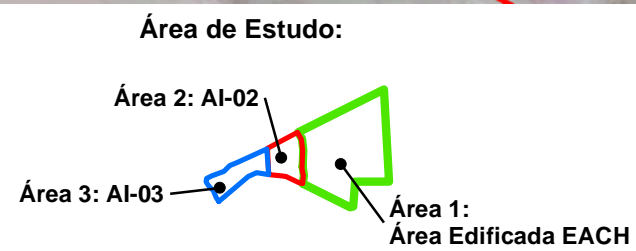
- Legenda**
- ◆ Poços de Monitoramento
 - ▲ Sondagem Detalhada
 - ▲ Sondagem para Delimitação de TPH no solo

Concetração de TPH

1000 a 74853,9 mg/Kg
V.O. CETESB 2006= 1000mg/Kg

Concetração de Benzo(a)pireno

0,8 a 2,98 mg/Kg
V.O. CETESB 2006= 0,8mg/Kg



	Título: <i>Delimitação de TPH e Benzo(a)pireno no solo</i>	Projeto: Contrato nº 11/2015 <small>INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP</small>	Data: Agosto 2016	Escala: Gráfica
	Cliente: <i>Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP</i>	Local: Município de São Paulo - SP		

FIGURA 38

5.4.2 Água Subterrânea

Na matriz água subterrânea, os principais resultados detectados em concentração acima dos valores orientadores CETESB (2014) foram:

- ✓ Benzeno (V.O.= 5 µg/L)
 - PM-04 = 65,30 µg/L;
- ✓ Etilbenzeno (V.O.= 300 µg/L)
 - PM-06 = 338 µg/L;
- ✓ Bário (V.O.= 700 µg/L)
 - PM-01 = 726 µg/L;
 - PM-07 = 927 µg/L;
 - PM-12 = 1306 µg/L;
 - PM-13 = 1096 µg/L;
- ✓ Cobalto (V.O.= 70 µg/L)
 - PM-12 = 104 µg/L;

O Benzeno, detectado no PM-04, se encontra delimitado horizontalmente pelos poços PM-31, PM-35, PM-36 e PM-37. Verticalmente, se encontra delimitado pelo poço profundo PMN-04, no qual não foi detectada concentração de benzeno acima do limite de detecção laboratorial.

O Etilbenzeno, detectado no PM-06, se encontra delimitado horizontalmente pelos poços PM-05, PM-18, PM-19, PM-20 e PM-34. Verticalmente, se encontra delimitado pelo poço profundo PMN-06, no qual não foi detectada concentração de etilbenzeno acima do limite de detecção laboratorial.

O Bário, detectado nos poços PM-01, PM-07, PM-12 e PM-13, se encontra delimitado horizontalmente, de forma parcial, pelos poços PM-03, PM-05, PM-14, PM-31, PM-32 e PM-33. Verticalmente, o metal não foi detectado em nenhum poço profundo da área em estudo, podendo-se inferir que sua presença se encontra sobretudo no aquífero superficial.

O Cobalto, detectado no PM-12, se encontra delimitado a sul pelos poços PM-05, PM-07, PM-13 e PM-14. A norte, a presença de um córrego constitui uma barreira hidráulica para a pluma. Verticalmente, encontra-se delimitado pelo poço profundo PMN-12, no qual não foi detectada concentração do metal acima do limite de detecção laboratorial.



As plumas dos contaminantes detectados e respectivas delimitações horizontais estão representadas nas abaixo nas **Figuras 39 a 42**.

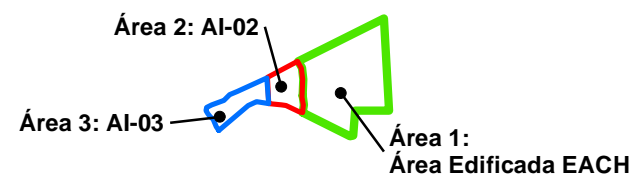



Legenda

- ◆ Poço de Monitoramento Raso
- ◆ Poço de Monitoramento Profundo

Concentração de Benzeno
 5 a 65,30 µg/L.
 V.O. CETESB 2014= 5µg/L

Área de Estudo:



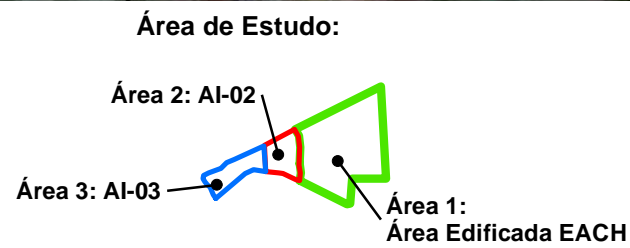
 ConAm consultoria ambiental	Título: Pluma Delimitação de Benzeno	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 39	



- Legenda**
- ◆ Poço de Monitoramento Raso
 - ◆ Poço de Monitoramento Profundo

Concentração de Etilbenzeno

300 a 338,00 µg/L.
V.O. CETESB 2014= 300µg/L



	Título: Pluma Delimitação de Etilbenzeno	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 40	

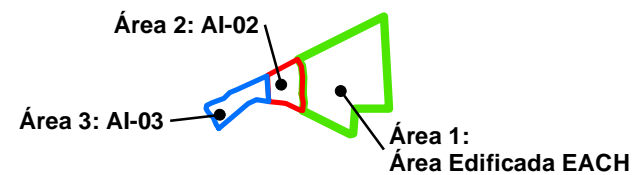


Legenda

- ◆ Poço de Monitoramento Raso
- ◆ Poço de Monitoramento Profundo

Concentração de Bário
 700 a 1.306,00 µg/L
 V.O. CETESB 2014= 700 µg/L

Área de Estudo:



 ConAm consultoria ambiental	Título: Pluma Delimitação de Bário	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 41	

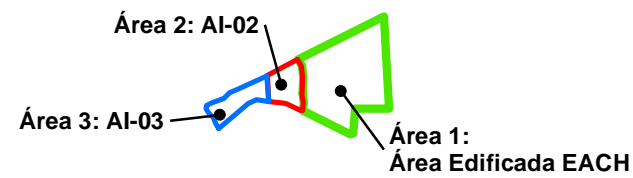



Legenda

- ◆ Poço de Monitoramento Raso
- ◆ Poço de Monitoramento Profundo

Concentração de Cobalto
 70 a 104,00 µg/L
 V.O. CESTEB 2014= 70µg/L

Área de Estudo:



	Título: Pluma Delimitação de Cobalto	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 42	



5.5 Avaliação de *background* Parque Ecológico Tietê

A seguir são apresentados os resultados analíticos das amostras coletadas na área do Parque Ecológico Tietê, para avaliação de *background* regional.

5.5.1 Solo

Na matriz solo foram analisados apenas Metais. Não foi detectada nenhuma concentração acima dos valores orientadores CETESB (2014). Os resultados se encontram resumidos na **Tabela 5.5.1-1** abaixo.

Tabela 5.5.1-1 – Resultados analíticos – Solo Parque Tietê (Metais)

Parâmetros	ST/PMN-21 (4,0m)	ST/PMN-21 (12,0m)	ST/PMN-23 (4,0m)	ST/PMN-23 (12,0m)	ST/PMN-24 (4,0m)	ST/PMN-24 (12,0m)	ST/PMN-26 (4,0m)	ST/PMN-26 (7,8m)	ST/PMN-30 (4,0m)	ST/PMN-30 (6,8m)	Valor Orientador
	9241/2016 - 1.0	9242/2016 - 1.0	9243/2016 - 1.0	9244/2016 - 1.0	9245/2016 - 1.0	9246/2016 - 1.0	13682/2016 - 1.0	13683/2016 - 1.0	13684/2016 - 1.0	13685/2016 - 1.0	
	ConAm_SO_3547	ConAm_SO_3548	ConAm_SO_3549	ConAm_SO_3550	ConAm_SO_3551	ConAm_SO_3552	ConAm_SO_3553	ConAm_SO_3554	ConAm_SO_3555	ConAm_SO_3556	
Metais (mg/kg)											
Alumínio	3698,7	629,6	924,3	417	588,2	269,9	196,7	588,5	232,9	155,2	77000 ⁽²⁾
Antimônio	< 1,22	< 1,11	< 1,25	< 1,22	< 1,19	< 1,17	< 1,13	< 1,26	< 1,15	< 1,15	10 ⁽¹⁾
Arsênio	< 1,82	< 1,67	< 1,88	< 1,83	< 1,79	< 1,75	< 1,70	< 1,90	< 1,73	< 1,72	55 ⁽¹⁾
Bário	38,8	7,72	< 2,50	4,54	6	5,27	3,51	6,41	8,46	6,69	1300 ⁽¹⁾
Boro	< 4,86	< 4,45	< 5	< 4,89	< 4,77	< 4,66	< 4,54	< 5,06	< 4,61	< 4,60	16000
Cádmio	< 1,22	< 1,11	< 1,25	< 1,22	< 1,19	< 1,17	< 1,13	< 1,26	< 1,15	< 1,15	14 ⁽¹⁾
Chumbo	3,61	< 2,23	< 2,50	< 2,44	< 2,38	< 2,33	< 2,27	< 2,53	< 2,30	< 2,30	240 ⁽¹⁾
Cobalto	< 1,82	< 1,67	< 1,88	< 1,83	< 1,79	< 1,75	< 1,70	< 1,90	< 1,73	< 1,72	65 ⁽¹⁾
Cobre	< 2,43	< 2,23	< 2,50	< 2,44	< 2,38	< 2,33	< 2,27	< 2,53	< 2,30	< 2,30	2100 ⁽¹⁾
Cromo	< 5,47	< 5,01	< 5,63	< 5,50	< 5,36	9,63	< 5,10	< 5,69	< 5,18	< 5,17	300 ⁽¹⁾
Ferro	1258,8	826,5	516,6	223,5	256,3	856,6	162,5	325,2	793	535,7	55000 ⁽²⁾
Manganês	10,5	6,25	< 3,75	< 3,67	< 3,58	10,5	< 3,40	< 3,79	10,5	7,74	1800 ⁽²⁾
Mercurio	< 0,365	< 0,334	< 0,375	< 0,367	< 0,358	< 0,350	< 0,340	< 0,379	< 0,346	< 0,345	0,9 ⁽¹⁾
Molibdênio	< 2,43	< 2,23	< 2,50	< 2,44	< 2,38	< 2,33	< 2,27	< 2,53	< 2,30	< 2,30	29 ⁽¹⁾
Níquel	< 2,43	< 2,23	< 2,50	< 2,44	< 2,38	< 2,33	< 2,27	< 2,53	< 2,30	< 2,30	480 ⁽¹⁾
Prata	< 1,82	< 1,67	< 1,88	< 1,83	< 1,79	< 1,75	< 1,70	< 1,90	< 1,73	< 1,72	50 ⁽¹⁾
Selênio	< 1,82	< 1,67	< 1,88	< 1,83	< 1,79	< 1,75	< 1,70	< 1,90	< 1,73	< 1,72	81 ⁽¹⁾
Vanádio	9,05	< 4,45	< 5	< 4,89	< 4,77	< 4,66	< 4,54	< 5,06	< 4,61	< 4,60	390 ⁽²⁾
Zinco	15,6	6,55	< 6,25	< 6,11	< 5,96	< 5,83	< 5,67	< 6,32	< 5,76	< 5,75	7000 ⁽¹⁾
Berílio	< 2,43	< 2,23	< 2,50	< 2,44	< 2,38	< 2,33	< 2,27	< 2,53	< 2,30	< 2,30	160 ⁽²⁾
Tálio	< 2,43	< 2,23	< 2,50	< 2,44	< 2,38	< 2,33	< 2,27	< 2,53	< 2,30	< 2,30	0,78 ⁽²⁾

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção Residencial CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção Residencial USEPA (jun 2015).

5.5.2 Água Subterrânea

Durante a amostragem de água subterrânea, foram medidos os parâmetros físico-químicos: pH, Condutividade Elétrica e Temperatura. A **Tabela 5.5.2-1** apresenta os resultados das medições realizadas *in situ*.

Tabela 5.5.2-1 – Parâmetros Físico-Químicos medidos na amostragem

Poço	N.A. Estabilizado (m)	Temp. (°C)	pH	C. E. (µS/cm)	O.D. (ppm)	ORP (mV)	Horário	Data
PM-21	1,1	22,65	5,86	376	0,03	-49,9	11:03	12/02/2016
PM-22	0,88	22,3	7,45	264	0,14	-17,2	14:34	12/02/2016
PM-23	1,17	22,5	6,34	388	0,1	-48,1	9:35	15/02/2016
PM-24	1,73	22,03	6,46	393	0,11	-24,7	10:45	15/02/2016
PM-25	1,31	22,97	6,65	651	0,16	-93,1	10:36	24/02/2016
PM-26	1,52	21,92	6,11	237	0,26	8,6	14:59	15/02/2016
PM-27	1,3	21,87	5,88	231	0,14	-2,5	9:47	16/02/2016
PM-28	2,47	23,21	6,99	633	0,24	-92,8	12:22	16/02/2016
PM-29	1,91	22,99	5,90	201	0,14	-17,8	10:29	15/02/2016
PM-30	2,32	23,69	5,83	173	0,06	14,1	14:38	15/02/2016
PMN-21	1,73	22,03	6,24	169	0,02	-60,8	9:45	12/02/2016
PMN-22	1,21	22,65	6,78	153	0,08	-25	15:08	12/02/2016
PMN-23*	2,58	23,93	6,64	136	0,47	6,9	11:23	24/02/2016
PMN-24	3,26	21,83	6,56	164	0,08	-13,1	11:24	15/02/2016
PMN-25*	4	22,73	6,26	348	N.D.	-42,7	9:30	25/02/2016
PMN-26	2,32	21,42	6,8	283	0,05	-99,4	15:19	15/02/2016
PMN-27*	3,58	22,74	6,56	193	N.D.	-68,1	12:26	24/02/2016
PMN-28	2,65	22,85	6,19	243	0,22	-10,1	12:39	16/02/2016
PMN-29	3,6	24,74	6,72	296	N.D.	-74,1	12:09	15/02/2016
PMN-30	2,49	22,54	6,55	277	0,28	-66,7	10:22	16/02/2016

*Adotado o procedimento de purga mínima.

As medições do nível d'água (NA) durante o processo de amostragem e coleta de águas subterrâneas oscilaram de 0,88 (PM-22) a 2,47 (PM-28), com média de 1,57 metros, nos poços rasos, e de 1,21 (PMN-22) a 4,0 (PMN-25), com média de 2,74 metros, nos poços profundos. Não foi constatada a presença de Fase Livre Aquosa (sobrenadante).

Como já foi citado na tabela acima, os PMN-23, PMN-25 e PMN-27, foram coletados sob purga mínima, no entanto, apresentam apenas uma leitura dos parâmetros Físico-Químicos.

Ao analisar os pontos com parâmetros disponíveis, onde foram monitorados *in situ* na água subterrânea, no aquífero freático superficial apontaram pH oscilando entre 5,83 a 7,45, sendo a média entre os poços de 6,35; no aquífero profundo, o pH oscilou entre 6,19 a 6,80, sendo a média entre os poços de 6,53. De acordo com Santos (2000), a maioria das águas subterrâneas tem pH entre 4,66 a 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11. Sendo assim, o pH detectado para os poços investigados, estão em conformidade com o pH de águas subterrâneas.

A condutividade elétrica é a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica, e está diretamente relacionada com a quantidade de íons na água. As medições realizadas mostram uma variação entre 173 $\mu\text{S/cm}$ (PM-30) a 651 $\mu\text{S/cm}$ (PM-25), no aquífero superficial, sendo que a média ficou em torno de 354,7 $\mu\text{S/cm}$. No aquífero profundo, houve variação de 136 $\mu\text{S/cm}$ (PMN-23) a 348 $\mu\text{S/cm}$ (PMN-25), com média de 226,2 $\mu\text{S/cm}$. Espera-se que quanto maior a quantidade de íons na água, maior será a sua condutividade.

O Potencial Óxido Redução oscilou de -93,1 mV (PM-25) a 14,1 mV (PM-30), com média de -32,34 mV, no aquífero raso, e entre -99,4 mV (PMN-26) a 6,9 mV (PMN-23), com média de -45,31 mV, no aquífero profundo. Portanto, o aquífero freático local apresenta possui característica predominantemente redutora.

O oxigênio dissolvido variou de 0,03 ppm (PM-21) a 0,26 ppm (PM-26), com média em torno de 0,14 ppm para o aquífero raso. Para o aquífero profundo, o oxigênio dissolvido variou entre 0,02 ppm (PMN-21) e 0,47 ppm PMN-23, com média em torno de 0,17 ppm.

Na matriz água subterrânea, para avaliação de background e estudo hidrogeoquímico foi feita análise do escopo completo de parâmetros químicos, porém, apenas para Metais Totais, Metais Dissolvidos e Metano houve detecção de compostos acima do limite quantificador do laboratório.

Apenas o elemento Bário foi detectado em concentração acima do valor orientador CETESB (2014), no poço profundo PMN-25:

- ✓ Bário Total (V.O.= 700 $\mu\text{g/L}$)
 - PMN-25 = 926,1 $\mu\text{g/L}$;
- ✓ Bário Dissolvido (V.O.= 700 $\mu\text{g/L}$)
 - PMN-25 = 883 $\mu\text{g/L}$;



Os principais resultados analíticos são apresentados nas **Tabelas 5.5.2-2 a 5.5.2-5**, incluindo os parâmetros físico químicos.

Tabela 5.5.2-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metais Totais)

Parâmetros	PM-21	PMN-21	PM-22	PMN-22	PM-23	PMN-23	PM-24	PMN-24	PM-25	PMN-25	Valor Orientador
	15452/2016 - 1.0	15453/2016 - 1.0	15454/2016 - 1.0	15455/2016 - 1.0	16080/2016 - 1.0	19950/2016 - 1.0	16081/2016 - 1.0	16082/2016 - 1.0	19951/2016 - 1.0	20228/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5560	ConAm_AS_5561	ConAm_AS_5562	ConAm_AS_5563	ConAm_AS_5564	ConAm_AS_5565	ConAm_AS_5566	ConAm_AS_5567	ConAm_AS_5568	ConAm_AS_5569	
Metais Totais (µg/L)											
Alumínio Total	253,90	63,50	< 30,0	1.732	< 30,0	31,1	58,80	4.945,70	330,5	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Total	240,20	211,80	128,30	471,60	271,70	189,3	291,30	338,80	448,6	926,10	700 ⁽¹⁾
Cobalto Total	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	33,70	70 ⁽¹⁾
Ferro Total	25.018,50	10.407,60	29.991,30	9.071,90	28.734,80	5598,2	25.841,30	14.195,40	29.624,90	30.815,20	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	534,80	685,50	768	886	546,70	450,9	572,80	626,50	565,20	4.237,90	0,052 ⁽²⁾
Zinco Total	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1800 ⁽¹⁾
Estanho Total	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	12000 ⁽²⁾
Cálcio Total	17.513	21.013,50	2.837,90	16.273	12.322,80	8473,9	6.614,10	7.507,90	6.800,60	13.369,60	-
Magnésio Total	5.820,70	2.819,90	2.536,20	3.700,30	5.162	2773	4.115,20	2.582,30	4.717,80	4.576,10	-
Potássio Total	9.863	2.786	3.352,90	4.896,80	6.814,10	3195,9	5.603,30	3.864,10	9.364,60	5.413	-
Sódio Total	16.546,70	9.420	14.767	7.877,90	15.237	11154	27.500	11.368,50	62.065,20	16.141,30	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.5.2-2 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metais Totais) (Continuação)

Parâmetros	PM-26	PMN-26	PM-27	PMN-27	PM-28	PMN-28	PM-29	PMN-29	PM-30	PMN-30	Valor Orientador
	16083/2016 - 1.0	16084/2016 - 1.0	16600/2016 - 1.0	19952/2016 - 1.0	16601/2016 - 1.0	16602/2016 - 1.0	16085/2016 - 1.0	16086/2016 - 1.0	16087/2016 - 1.0	16603/2016 - 1.0	
	ConAm_AS _5570	ConAm_AS _5571	ConAm_AS _5572	ConAm_AS _5573	ConAm_AS _5574	ConAm_AS _5575	ConAm_AS _5576	ConAm_AS _5577	ConAm_AS _5578	ConAm_AS _5579	
Metais Totais (µg/L)											
Alumínio Total	536	< 30,0	166,30	< 30,0	239,60	72,30	676,60	76,70	1.107,60	67,90	20000 ⁽²⁾
Bário Total	160,70	510,90	103,60	320,70	166,30	416,50	29	328,30	88,80	463,80	700 ⁽¹⁾
Cobalto Total	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	70 ⁽¹⁾
Ferro Total	22.761,30	38.196,70	27.608,70	20.468,70	9.555,50	29.221,70	25.684,80	46.283,70	24.747,10	49.239,10	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	381,40	1.914,10	527,20	449,10	517,70	1.160,30	587	998,90	558,20	1.063,20	0,052 ⁽²⁾
Zinco Total	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	< 70,0	111,70	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1800 ⁽¹⁾
Estanho Total	< 10,0	< 10,0	98	< 10,0	141,30	141,30	< 10,0	< 10,0	< 10,0	106,60	12000 ⁽²⁾
Cálcio Total	3.343,80	10.732,60	4.456,50	12149,8	25.010,90	11.035,60	8.185	11.316,30	5.983,60	10.760,90	-
Magnésio Total	1.685,90	3.710,90	2.109,80	3631,5	4.240,20	4.684,80	2.534	4.071,70	2.128,20	4.231,10	-
Potássio Total	1.852,20	3.233,70	1.394,60	4131,5	1.957,60	3.423,80	1.078,30	4.253,30	934,30	4.072,90	-
Sódio Total	20.209,80	7.369,60	160.869,6	11128,8	96.065,20	11.483,50	10.688	9.168,50	10.591,70	11.051,80	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.5.2-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metais Dissolvidos)

Parâmetros	PM-21	PMN-21	PM-22	PMN-22	PM-23	PMN-23	PM-24	PMN-24	PM-25	PMN-25	Valor Orientador
	15452/2016 - 1.0	15453/2016 - 1.0	15454/2016 - 1.0	15455/2016 - 1.0	16080/2016 - 1.0	19950/2016 - 1.0	16081/2016 - 1.0	16082/2016 - 1.0	19951/2016 - 1.0	20228/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_ 5560	ConAm_AS_ 5561	ConAm_AS_ 5562	ConAm_AS_ 5563	ConAm_AS_ 5564	ConAm_AS_ 5565	ConAm_AS_ 5566	ConAm_AS_ 5567	ConAm_AS_ 5568	ConAm_AS_ 5569	
Metais Dissolvidos (µg/L)											
Alumínio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	< 30,0	187	< 30,0	< 30,0	< 30,0	830	< 30,0	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	235	202	121	277	228	144	234	290	344	883	700 ⁽¹⁾
Cobalto Dissolvido	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	30,80	70 ⁽¹⁾
Ferro Dissolvido	24.045	9.332	25.299	5.572	26.083	3.905	22.124	13.775	22.913	27.946	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	516	583	686	653	492	386	489	589	523	3.552	0,052 ⁽²⁾
Estanho Dissolvido	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	12000 ⁽²⁾
Cálcio Dissolvido	16.838	16.910	2.470	9.110	11.212	6.603	6.029	6.730	6.052	12.185	-
Magnésio Dissolvido	5.509	2.225	2.093	2.196	4.645	2.215	3.547	2.564	4.159	4.520	-
Potássio Dissolvido	7.998	2.438	3.086	4.435	5.857	2.692	4.128	2.707	8.620	4.824	-
Sódio Dissolvido	15.752	7.832	12.668	6.340	13.450	8.871	24.239	10.186	59.348	14.076	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.5.2-3 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metais Dissolvidos) (Continuação)

Parâmetros	PM-26	PMN-26	PM-27	PMN-27	PM-28	PMN-28	PM-29	PMN-29	PM-30	PMN-30	Valor Orientador
	16083/2016 - 1.0	16084/2016 - 1.0	16600/2016 - 1.0	19952/2016 - 1.0	16601/2016 - 1.0	16602/2016 - 1.0	16085/2016 - 1.0	16086/2016 - 1.0	16087/2016 - 1.0	16603/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_ 5570	ConAm_AS_ 5571	ConAm_AS_ 5572	ConAm_AS_ 5573	ConAm_AS_ 5574	ConAm_AS_ 5575	ConAm_AS_ 5576	ConAm_AS_ 5577	ConAm_AS_ 5578	ConAm_AS_ 5579	
Metais Dissolvidos (µg/L)											
Alumínio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	136	< 30,0	54,70	37	158	< 30,0	< 30,0	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	146	449	100	227	141	360	12,60	287	42,10	461	700 ⁽¹⁾
Cobalto Dissolvido	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	70 ⁽¹⁾
Ferro Dissolvido	10.849	34.938	24.084	14.391	8.982	26.424	25.548	43.016	22.233	34.332	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	379	1.793	488	382	460	1.009	567	922	501	875	0,052 ⁽²⁾
Estanho Dissolvido	< 10,0	< 10,0	92,20	< 10,0	96,80	91,20	< 10,0	< 10,0	< 10,0	91,20	12000 ⁽²⁾
Cálcio Dissolvido	3.062	10.299	3.695	9.489	11.413	7.936	7.547	10.826	4.888	8.696	-
Magnésio Dissolvido	1.678	3.413	1.960	2.918	4.138	3.250	2.422	3.801	1.932	3.920	-
Potássio Dissolvido	1.627	2.915	1.336	3.398	1.927	2.179	1.000	3.774	837	3.280	-
Sódio Dissolvido	19.480	6.579	123.478,0	8.797	94.348	6.859	10.548	8.379	10.177	9.283	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.5.2-4 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Metano)

Parâmetros	PM-21	PMN-21	PM-22	PMN-22	PM-23	PMN-23	PM-24	PMN-24	PM-25	PMN-25	Valor Orientador
	15452/2016 - 1.0	15453/2016 - 1.0	15454/2016 - 1.0	15455/2016 - 1.0	16080/2016 - 1.0	19950/2016 - 1.0	16081/2016 - 1.0	16082/2016 - 1.0	19951/2016 - 1.0	20228/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5560	ConAm_AS_5561	ConAm_AS_5562	ConAm_AS_5563	ConAm_AS_5564	ConAm_AS_5565	ConAm_AS_5566	ConAm_AS_5567	ConAm_AS_5568	ConAm_AS_5569	
Metano (µg/L)											
Metano	<0,060	<0,060	0,38	<0,060	0,30	<0,060	2,46	0,137	4,75	0,789	-
Parâmetros	PM-26	PMN-26	PM-27	PMN-27	PM-28	PMN-28	PM-29	PMN-29	PM-30	PMN-30	Valor Orientador
	16083/2016 - 1.0	16084/2016 - 1.0	16600/2016 - 1.0	19952/2016 - 1.0	16601/2016 - 1.0	16602/2016 - 1.0	16085/2016 - 1.0	16086/2016 - 1.0	16087/2016 - 1.0	16603/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5570	ConAm_AS_5571	ConAm_AS_5572	ConAm_AS_5573	ConAm_AS_5574	ConAm_AS_5575	ConAm_AS_5576	ConAm_AS_5577	ConAm_AS_5578	ConAm_AS_5579	
Metano (µg/L)											
Metano	0,83	<0,060	0,54	0,16	0,09	0,28	0,39	0,49	0,68	0,27	-

Tabela 5.5.2-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Físico-químicos)

Parâmetros	Un.	PM-21	PMN-21	PM-22	PMN-22	PM-23	PMN-23	PM-24	PMN-24	PM-25	PMN-25	V.O
		15452/2016 - 1.0	15453/2016 - 1.0	15454/2016 - 1.0	15455/2016 - 1.0	16080/2016 - 1.0	19950/2016 - 1.0	16081/2016 - 1.0	16082/2016 - 1.0	19951/2016 - 1.0	20228/2016 - 1.0	
		ConAm_A S_5560	ConAm_A S_5561	ConAm_A S_5562	ConAm_A S_5563	ConAm_A S_5564	ConAm_A S_5565	ConAm_A S_5566	ConAm_A S_5567	ConAm_A S_5568	ConAm_A S_5569	
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cloreto Total	µg/L	19.049	3.721	13.430	1.174	22.142	3.320	45.197	3.370	55.770	31.154	250.000 ⁽³⁾
Fluoreto Total	µg/L	414,10	1.308,40	245	701,30	279,40	959,80	418,50	352,70	875,20	356,60	1.500 ⁽²⁾
Nitrato (como N)	µg/L	19	15	< 15,0	19	< 15,0	43	< 15,0	137	4.009	< 15,0	10.000 ⁽¹⁾
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	1.000 ⁽²⁾
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	9.937	392	9.105	255	11.423	356	12.007	791	31.450	2.392	1.500 ⁽³⁾
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	10.469	1.906	11.041	1.902	13.528	1.878	12.975	1.877	31.496	2.564	-
Sulfato Total	µg/L	18.520	3.461,90	958,10	544	< 30,0	214,80	< 30,0	< 30,0	270,80	1.979,10	250.000 ⁽³⁾
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	117.068	71.484	65.268	52.836	121.212	44.548	90.546,40	56.980	238.280	105.672	-
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
DBO	mg/L	9,05	< 3	5,84	< 3	70,70	8,09	33	27,10	19,60	< 3	-
DQO	mg/L	27,70	< 9	17,60	< 9	143	28,70	100,60	82,40	43,90	9,71	-
Surfactantes	mg/L	0,16	< 0,015	< 0,015	0,11	< 0,015	< 0,015	0,47	< 0,015	2,51	1,02	0,5 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	0,06	< 05	0,11	0,01	0,01	0,01	0,01	< 05	0,11	< 05	-
Nitrogênio Orgânico	µg/L	532	1.514	1.936	1.647	2.105	1.522	968	1.086	46	172.000	-
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	-
Ortofosfato como P	µg/L	98	166	109	519	25	146	16	362	109	94	-
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	9,50	1,30	6,50	0,86	8,70	< 1	6,70	< 1	12,80	4,10	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Subst. Que representam risco à saúde; (3) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Padrão organoléptico de potabilidade.

Tabela 5.5.2-5 – Resultados analíticos – Água Subterrânea – Parque Tietê (Físico-químicos) (Continuação)

Parâmetros	Un.	PM-26	PMN-26	PM-27	PMN-27	PM-28	PMN-28	PM-29	PMN-29	PM-30	PMN-30	V.O
		16083/2016 - 1.0	16084/2016 - 1.0	16600/2016 - 1.0	19952/2016 - 1.0	16601/2016 - 1.0	16602/2016 - 1.0	16085/2016 - 1.0	16086/2016 - 1.0	16087/2016 - 1.0	16603/2016 - 1.0	
		ConAm_A S_5570	ConAm_A S_5571	ConAm_A S_5572	ConAm_A S_5573	ConAm_A S_5574	ConAm_A S_5575	ConAm_A S_5576	ConAm_A S_5577	ConAm_A S_5578	ConAm_A S_5579	
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	-
Cloreto Total	µg/L	24.511	6.497	20.832	4.279	33.699	13.008	16.603	13.052	18.744	6.465	250.000 ⁽³⁾
Fluoreto Total	µg/L	267,60	639,60	137,30	583,30	372,90	213,10	136,50	337,60	139,40	451,10	1.500 ⁽²⁾
Nitrato (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	56	22	17	62	< 15,0	< 15,0	< 15,0	528	10.000 ⁽¹⁾
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	1.000 ⁽²⁾
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	2.964	649	2.212	400	154	638	735	777	1.003	704	1.500 ⁽³⁾
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	3.763	2.197	4.260	1.899	2.549	2.412	2.289	2.934	3.211	2.202	-
Sulfato Total	µg/L	< 30,0	632,20	< 30,0	< 30,0	21.303	1.073,60	6.139,50	3.685,70	< 30,0	1.573,60	250.000 ⁽³⁾
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	44.548	55.529,60	42.061,60	59.052	217.560	43.512	37.296	58.016	26.936	74.592	-
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	-
DBO	mg/L	16,30	12,70	< 3	14	< 3	< 3	31,40	24,80	16,80	< 3	-
DQO	mg/L	50	37,80	< 9	38,80	< 9	< 9	94,50	72,20	41,90	< 9	-
Surfactantes	mg/L	0,44	< 0,015	0,32	< 0,015	0,22	0,34	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,28	0,5 ⁽³⁾
Sulfeto	mg/L	0,01	< 05	0,06	0,09	0,01	< 05	0,11	0,10	0,01	< 05	-
Nitrogênio Orgânico	µg/L	799	1.548	2.048	1.499	2.395	1.774	1.554	2.157	2.208	1.498	-
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	-
Ortofosfato como P	µg/L	311	60	52	105	1.114	1.108	65	61	506	53	-
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	5,10	2,80	6,70	9	4	3,60	5,20	7,90	4,10	2,90	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Subst. Que representam risco à saúde; (3) Portaria 2.914-Padrão de Potabilidade – Padrão organoléptico de potabilidade

5.6 Resultados analíticos dos procedimentos de garantia de qualidade

Os resultados analíticos das amostras de controle de qualidade são apresentados abaixo nas **Tabelas 5.6-1 a 5.6-5**. Foram coletas amostras de Branco de Campo, Branco de Equipamento e Duplicatas.

Tabela 5.6-1 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Metais Totais

Parâmetros	BC	BE	Duplicata PMN-10	BC	BE	Duplicata PM-27	Valor Orientador
	7893/2016 - 1.1	7894/2016 - 1.1	7895/2016 - 1.1	16604/2016 - 1.0	16605/2016 - 1.0	16606/2016 - 1.0	
	ConAm_A S_5553	ConAm_A S_5554	ConAm_A S_5555	ConAm_A S_5683	ConAm_A S_5684	ConAm_A S_5685	
Metais Totais (µg/L)							
Alumínio Total	< 30,0	< 30,0	511,30	63	54	101,70	20000 ⁽²⁾
Bário Total	< 10,0	< 10,0	133,60	< 10,0	< 10,0	117,10	700
Boro Total	< 15,0	< 15,0	29,50	< 15,0	< 15,0	< 15,0	2400
Chumbo Total	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	10
Cobalto Total	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	70
Cobre Total	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	2000
Ferro Total	< 30,0	< 30,0	300,20	187,20	< 30,0	27.521,70	14000 ⁽²⁾
Manganês Total	< 10,0	< 10,0	563,20	< 10,0	< 10,0	552,20	0,052 ⁽²⁾
Níquel Total	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	70
Zinco Total	< 70,0	< 70,0	142	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1800
Estanho Total	< 10,0	< 10,0	< 10,0	100,30	100,10	99,10	12000 ⁽²⁾
Cálcio Total	< 30,0	< 30,0	23.877,90	58,30	65,30	4.675	-
Magnésio Total	< 30,0	< 30,0	2.709,80	< 30,0	< 30,0	1.957,80	-
Potássio Total	< 50,0	< 50,0	16.747	142,90	131,70	1.624	-
Sódio Total	< 30,0	< 30,0	19.271,70	168,30	123,70	35.217,40	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.6-2 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Metais Dissolvidos

Parâmetros	BC	BE	Duplicata PMN-10	BC	BE	Duplicata PM-27	Valor Orientador
	7893/2016 - 1.1	7894/2016 - 1.1	7895/2016 - 1.1	16604/2016 - 1.0	16605/2016 - 1.0	16606/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5553	ConAm_AS_5554	ConAm_AS_5555	ConAm_AS_5683	ConAm_AS_5684	ConAm_AS_5685	
Metais Dissolvidos (µg/L)							
Alumínio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	127	< 30,0	< 30,0	< 30,0	20000 ⁽²⁾
Bário Dissolvido	< 10,0	< 10,0	123	< 10,0	< 10,0	97,60	700
Boro Dissolvido	< 15,0	< 15,0	23,60	< 15,0	< 15,0	< 15,0	2400
Chumbo Dissolvido	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	10
Cobalto Dissolvido	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	70
Cobre Dissolvido	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	2000
Ferro Dissolvido	< 30,0	< 30,0	41,80	54,60	< 30,0	23.801	14000 ⁽²⁾
Manganês Dissolvido	< 10,0	< 10,0	547	< 10,0	< 10,0	478	0,052 ⁽²⁾
Níquel Dissolvido	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	70
Zinco Dissolvido	< 70,0	< 70,0	113	< 70,0	< 70,0	< 70,0	1800
Estanho Dissolvido	< 10,0	< 10,0	< 10,0	90,50	91	91,90	12000 ⁽²⁾
Cálcio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	23.609	< 30,0	57,30	3.623	-
Magnésio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	2.685	< 30,0	< 30,0	1.926	-
Potássio Dissolvido	< 50,0	< 50,0	16.728	126	123	1.330	-
Sódio Dissolvido	< 30,0	< 30,0	18.370	136	121	29.130	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.6-3 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – VOC

Parâmetros	BE	BE	Valor Orientador
	7894/2016 - 1.1	80333/2016 - 1.0	
	ConAm_AS_5554	ConAm_AS_6872	
VOC (µg/L)			
Clorofórmio	38,50	25,2	300
Benzeno	< 3	< 3	5
Tolueno	< 3	< 3	700
Etilbenzeno	< 3	< 3	300
m,p-Xilenos	< 3	< 3	500
o-Xileno	< 3	< 3	190 ⁽²⁾
Estireno	< 3	< 3	20
1,3,5-Trimetilbenzeno	< 3	< 3	120 ⁽²⁾
1,2,4-Trimetilbenzeno	< 3	< 3	-

Legenda: (1) Valor Orientador de Intervenção CETESB (2014); (2) Valor Orientador de Intervenção USEPA (jun 2015).

Tabela 5.6-4 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Metano

Parâmetros	Duplicata PM-27		Valor Orientador
	16606/2016 - 1.0		
	ConAm_AS_5685		
Metano (µg/L)			
Metano	0,65		-

Tabela 5.6-5 – Resultados Analíticos de Brancos e Duplicata – Físico químicos

Parâmetros	Unidade	BC	BE	Duplicata PMN-10	BC	BE	Duplicata PM-27
		7893/2016 - 1.1	7894/2016 - 1.1	7895/2016 - 1.1	16604/2016 - 1.0	16605/2016 - 1.0	16606/2016 - 1.0
		ConAm_AS_5553	ConAm_AS_5554	ConAm_AS_5555	ConAm_AS_5683	ConAm_AS_5684	ConAm_AS_5685
Cromo Hexavalente	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
Cromo Hexavalente Dissolvido	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
Cloreto Total	µg/L	1.569	816	20.488	418	1.292	20.526
Fluoreto Total	µg/L	< 30,0	< 30,0	137	< 30,0	41,50	157,10
Nitrato (como N)	µg/L	31	148	1.560	30	33	41
Nitrito (como N)	µg/L	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0
Nitrogênio Amoniacal	µg/L	73	77	77	< 60,0	< 60,0	2.377
Nitrogênio Kjeldahl Total	µg/L	1.522	483	914	3.181	2.349	3.999
Sulfato Total	µg/L	876,60	156,70	49.700	432	67	122
Alcalinidade de bicarbonatos	µg/L	18.648	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	40.404
Alcalinidade de carbonatos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0
Alcalinidade de hidróxidos	µg/L	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0	< 15000,0
DBO	mg/L	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
DQO	mg/L	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9	< 9
Surfactantes	mg/L	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	0,34
Sulfeto	mg/L	< 05	< 05	< 05	< 05	< 05	0,07
Nitrogênio Orgânico	µg/L	1.449	406	837	3.181	2.349	1.622
Nitrogênio Albuminóide	µg/L	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0
Ortofosfato como P	µg/L	94	21	57	83	145	42
Carbono Orgânico Dissolvido	mg/L	< 1	< 1	< 1	1,10	<1	6,20

O objetivo das amostras de controle é de avaliar possíveis interferências analíticas as condições ambientais da instalação no cliente, nos resultados analíticos subsequentes à amostragem.

Os resultados analíticos das amostras de controle de qualidade apontaram a presença de algumas substâncias, no entanto, em concentrações inferiores ao valor orientador. As principais detecções estão resumidas e discutidas, a seguir:

- ✓ Alumínio Total
 - Branco de Campo (ConAm_SO_5683) = 63 µg/L;
 - Branco de Equipamento (ConAm_SO_5684) = 54 µg/L;
- ✓ Ferro Total
 - Branco de Campo (ConAm_SO_5683) = 187,2 µg/L;
- ✓ Ferro Dissolvido
 - Branco de Campo (ConAm_SO_5683) = 54,6 µg/L;
- ✓ Estanho Total
 - Branco de Campo (ConAm_SO_5683) = 100,3 µg/L;
 - Branco de Equipamento (ConAm_SO_5684) = 100,10 µg/L;
- ✓ Estanho Dissolvido
 - Branco de Campo (ConAm_SO_5683) = 90,5 µg/L;
 - Branco de Equipamento (ConAm_SO_5684) = 91 µg/L;
- ✓ Clorofórmio
 - Branco de Equipamento (ConAm_SO_5554) = 38,5 µg/L;
 - Branco de Equipamento (ConAm_SO_6872) = 25,2 µg/L;

A presença de Alumínio total, Ferro total e dissolvido, nas amostras de Branco de Campo podem estar associadas à ressuspensão de partículas de solo na amostra, apresentando assim essas concentrações traços, de elementos tipicamente presentes nos solos regionais.

O Clorofórmio detectado na amostra de controle de qualidade apresenta traços de concentração e pode ser decorrente da utilização de água com tratamento convencional como matéria prima de água deionizada (tratada por osmose reversa), não descartando ainda uma possível interferência na análise laboratorial, uma vez que o composto é considerado reagente laboratorial, além de metabólito do processo tradicional de tratamento de água.



A detecção de Estanho total e dissolvido nos brancos de campo e equipamento foi considerada como provável interferência no método analítico, uma vez que todas as amostras do lote analisado (Log nº 2693/2016) apresentam concentração de estanho na mesma ordem de grandeza. Tal detecção não é esperada para a área em questão, tampouco em amostras de branco, e não foi detectada em nenhuma amostra referente aos demais Logs, além dos demais controles. Por conseguinte, foram detectados apenas traços de concentração, que não interferem na avaliação dos resultados da investigação ambiental, no local.

5.7 Resultados medição de parâmetros nos Poços de Monitoramento de Gases

À exceção da NR-15 que estabelece valores de referência para Metano (CH₄) em tubulões pneumáticos e túneis pressurizados, além de limites de tolerância de salubridade para demais parâmetros como Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono e Gás Sulfídrico, não foram identificadas referências diretas no normativo brasileiro de saúde ocupacional e referências de qualidade de ar, para concentrações de gases no subsolo. Neste sentido, foram utilizados guias internacionais, como referências normativas estaduais da Alemanha e guias de padronização americanos, como a ASTM, tal qual os limites de explosividade identificados na literatura.

Assim, para interpretação dos resultados de gases no solo, principalmente o Metano, foram utilizados dois Guias da Alemanha que abordam casos de contaminação de áreas de aterros sanitários e antigos aterros, por gases provenientes de **resíduos enterrados**, elaborado pelo Instituto Estadual de Proteção Ambiental de *Baden-Wurttemberg*.

O primeiro guia (*Der Deponiegashaushalt in Altablagerungen - Leitfaden Deponiegas, 1992*) aborda os métodos para investigações de áreas com presença de gás de aterro, bem como, avaliação das fases dos gases do aterro. Já o segundo guia (*Handlungsempfehlung Durchführung von Deponiegasmessungen bei Altablagerungen, 2002*), trata das recomendações para implementação das ações de medições de gases em aterros antigos.

No **item 2.3** de ambos os materiais são descritas as fases da geração e degradação dos gases, incluindo a metanogênese, em locais contaminados com resíduos sólidos urbanos, principalmente em Aterro Sanitários. As fases são divididas em:

- **Fase I (Fase aeróbia):** Durante degradação aeróbia é produzido até 20% de CO₂, bem como, água e calor. O Oxigênio (O₂) contido nos poros são substituídos por Dióxido de Carbono (CO₂), resultando em um ambiente redutivo.
- **Fase II (Fase ácida - fermentação):** Substâncias poliméricas como gorduras, celulose, proteínas e seus compostos como: ácidos graxos, aminoácidos, monossacarídeos etc, são reduzidos para produtos de fermentação como:

acetato, ácidos graxos inferiores, CO_2 e H_2 . Assim a produção de CO_2 e H_2 atingem seus pontos máximos e o N é substituído completamente. As bactérias de deterioração são anaeróbias facultativas, que degradam mesmo na presença oxigênio.

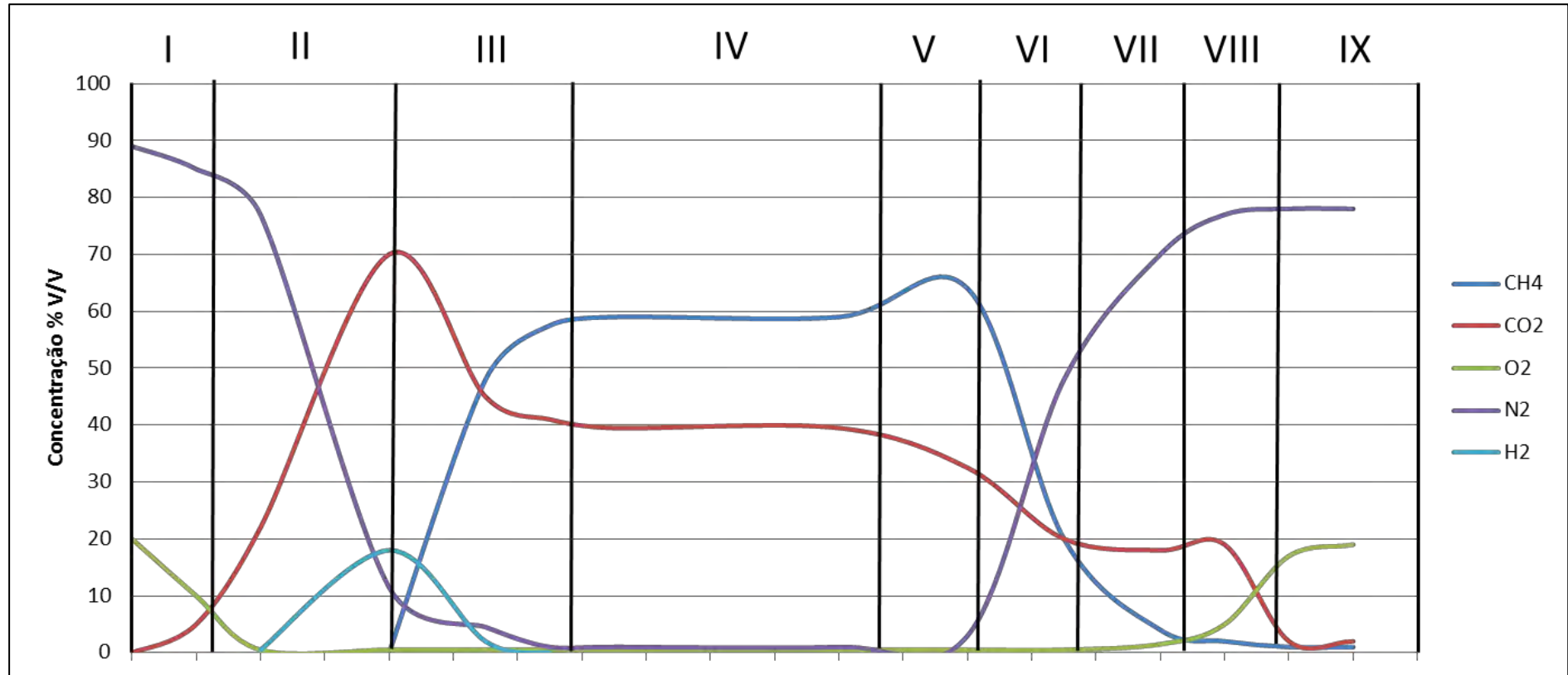
- **Fase III (Fermentação de metano instável):** Durante a fase de fermentação, as bactérias de metano começam a se desenvolver. Os produtos da fermentação da Fase II são convertidos em Metano, assim, os gases H_2 , CO_2 , Formiatos e Acetatos são convertidos diretamente em Metano. Na Fase intermediária forma-se Ácidos Graxos Inferiores.
- **Fase IV (Fase do metano estável):** Fase de grande produção de gás, ocorre aproximadamente 3 anos após a deposição do resíduo. Metano (CH_4) pode atingir concentração de cerca de 59% v/v, enquanto o Dióxido de Carbono (CO_2) atinge concentração de aproximadamente 41% v/v. No fim desta fase ocorre um ligeiro aumento de metano e um leve decaimento na concentração de dióxido de carbono. Nesta fase, formada no interior do depósito de resíduo, não há nenhuma desgaseificação ativa.
- **Fase V (Fase de longo prazo):** Fase onde o Metano (CH_4) apresenta valores entre 60 e 70% v/v e o Dióxido de Carbono (CO_2) sofre decaimento, apontando concentrações entre 35 e 40% v/v. Assim como a Fase IV ainda há uma grande produção de gás. A queda na concentração de dióxido de carbono se deve principalmente à lixiviação dele na água.
- **Fase VI (Fase de entrada de ar):** Fase onde há uma queda nas produções de Metano, 60% v/v para 20% v/v e Dióxido de Carbono, 35% v/v para 18% v/v. Nesta fase o azoto (N_2) volta a ser produzido, na ausência de Oxigênio (O_2). As porções periféricas (superficiais) já começam a sofrer influências atmosféricas significativas. O metano pode ser detectado apenas em maiores profundidades. Nota-se uma grande diferença de concentração de gases em razão da localização dentro do aterro.
- **Fase VII (Fase de oxidação do metano):** Fase onde o Oxigênio (O_2) volta a ser produzido, e conseqüentemente, o metano passa a ser oxidado por bactérias metanotróficas, formando Dióxido de Carbono. Nesta fase a razão de Metano para concentração de Dióxido de Carbono é inferior a 1.

- **Fase VIII (Fase de Dióxido de Carbono):** Fase em que a concentração de Metano fica próximo de 0% v/v, enquanto o Dióxido de Carbono fica entorno de 10% e 20% v/v. Os valores de Azoto (N_2) são próximo aos que ocorrem naturalmente no solo e o Oxigênio apresenta concentração de 15% v/v. O metano é formado em sua totalidade em profundidade maiores.
- **Fase IX (Fase de Ar):** Nessa fase, a concentração de dióxido de carbono diminui para valores abaixo de 4% v/v. Já concentração de metano tende a 0% v/v. A concentração de oxigênio fica entre 18 e 20 % v/v e a concentração de Azoto em 78% v/v. As concentrações de O_2 e N_2 podem atingir valores do ar normal do solo. Já não existe perigo de gás.

Já no **item 2.5** destes Guias, são citados os métodos para estimativa de possíveis riscos relacionados a emissão de gases, principalmente Metano. Dentre estes métodos estão: Medição de gases na superfície com equipamento FID (Detector por ionização de chama), medição de gases no subsolo, tentativa de extração de gases e medição de ar ambiente.

A **Figura 43** ilustra o gráfico de evolução dos gases CH_4 , CO_2 , O_2 , N_2 e H_2 de acordo com suas fases e padrões de concentrações em aterros sanitários e aterros antigos.

Figura 43 – Gráfico de representação qualitativa da concentração dos gases em corpo de resíduo



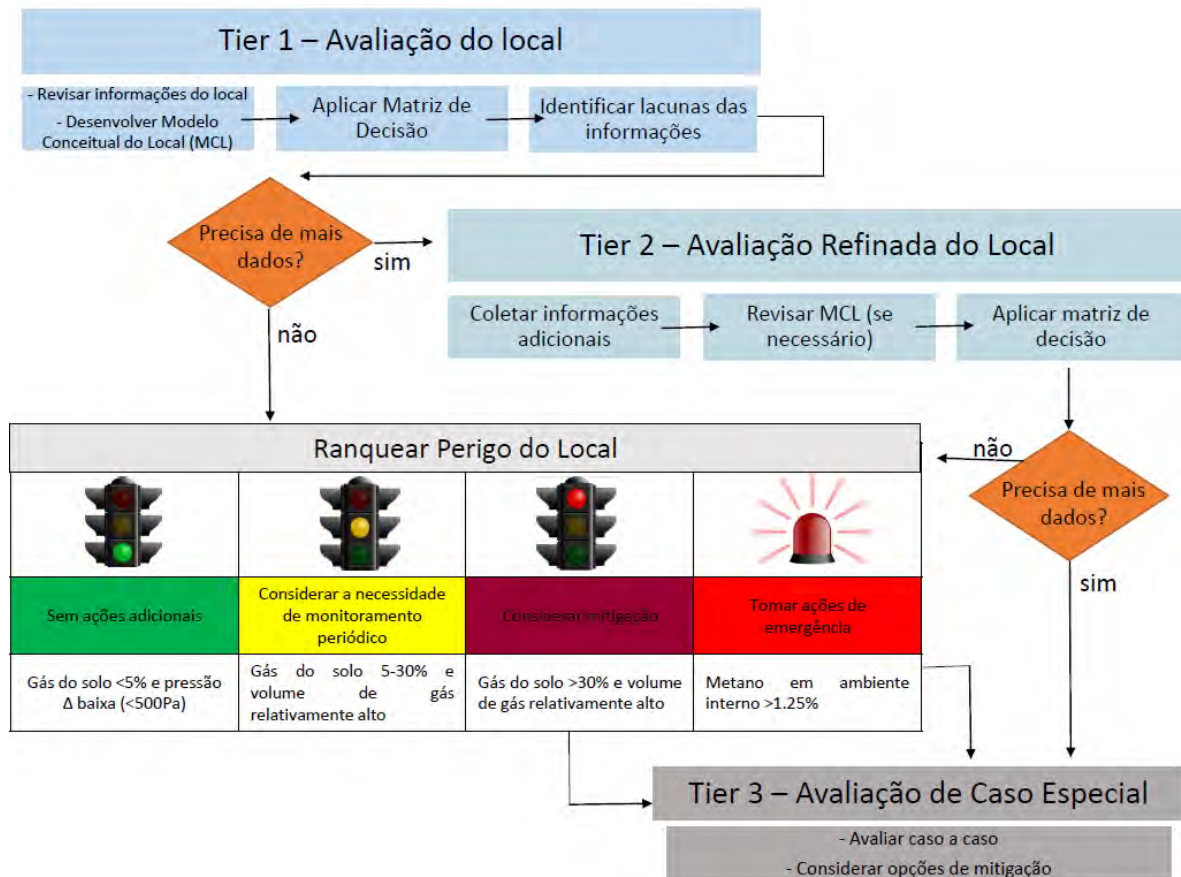
Fonte: Adaptado de: *Der Deponiegashaushalt in Altablagungen - Leitfaden Deponiegas, 1992 e Handlungsempfehlung Durchführung von Deponiegasmessungen bei Altablagungen, 2002.*

Uma das premissas deste estudo foi interpretar os resultados do monitoramento de gás no solo a partir da concentração volumétrica estabilizada no detector portátil Landtec GEM 5000. A concentração estabilizada pode ser considerada a medição mais representativa, uma vez que nesses locais a produção e/ou formação de Metano é constante ao longo do tempo, ao passo que concentrações de gases residuais podem se concentrar em pontos da seção filtrante ou poros do solo. Dessa forma, o monitoramento das concentrações durante bombeamento também permite a inferência do distanciamento entre o ponto de investigação e as áreas fontes.

Uma vez avaliados os padrões de concentrações dos gases e garantida a qualidade dos resultados, através dos testes de estanqueidade dos poços de monitoramento de gases, identificou-se que os padrões observados nos pontos de maiores concentrações de Metano (PMG-142A e PMG-142B) não puderam ser classificados de acordo com as etapas da descritas no guia alemão. Tal fato, indica que a origem do Metano não estaria associada a depósitos de resíduos e aterros antigos. Adicionalmente, a partir do período estimado entre a deposição do material do aterro recente identificado e atuais concentrações, inferir-se-ia sobre concentrações associadas as fases III e IV, também não identificadas durante a avaliação de concentrações locais.

Neste sentido, outra referência utilizada para discussão dos resultados foi a recém-publicada norma técnica internacional ASTM E2993-16 - *Evaluating Potential Hazard as a Result of Methane in the Vadose Zone*, que também especifica roteiro para avaliação de riscos a partir de concentrações de Metano na zona vadosa e que considera áreas edificadas, conforme caso específico do site em avaliação. Tal qual, também considera a existência de possíveis fontes de Metano associadas a fontes não antropogênicas, inclusive pântanos e regiões alagadas, ou depósitos de matéria orgânica.

No guia, pode-se observar o fluxograma adaptado (traduzido) representado na **Figura 44**, a seguir, em que pontos de monitoramento que apresentem concentrações de Metano acima de 30% deverão ter maiores detalhamentos e avaliações em ambientes fechados (quando houver), ao passo que locais que apresentem concentrações entre 5 e 30%, deverão ter suas pressões relativas avaliadas.



Fontes: Adaptado de ASTM (2016) – Fig. 1, pg.6;

Figura 44 – Fluxograma de avaliação estratificada

Neste sentido, a norma também recomenda o emprego da matriz de decisão, traduzida na **Tabela 5.7.1**, contendo a correlação entre as concentrações quantificadas no subsolo, pressões relativas e/ou concentrações aferidas em ambientes fechados.

Vale ressaltar que a matriz de decisão ASTM (2016 *apud* Eklund, 2011 e Sepich, 2008), baseia-se em dados de construções americanas e considera valores de troca de ar entre 0,25 e 1 trocas por hora, para as edificações avaliadas.

Tabela 5.7-1 – Matriz de decisão para Metano no Gás do Solo e Ar em Ambientes fechados (adaptada ASTM, 2016)

Concentração no Solo Superficial	Concentrações em ambiente fechado			
	Sem medições	< 0.01% (100 ppm)	0.01 até <1.25%	>1,25%
1.25% até 5%	Nenhuma ação complementar	Nenhuma ação complementar	Nenhuma ação complementar ^B	Notificar autoridades imediatamente, recomendado evacuar a edificação
5% até 30% ^C	Nenhuma ação complementar se $\Delta P < 500 Pa^B$	Nenhuma ação complementar se $\Delta P < 500 Pa^B$	Nenhuma ação complementar se $\Delta P < 500 Pa^B$	Notificar autoridades imediatamente, recomendado evacuar a edificação
>30% ^C	Coletar amostras de ar ambiente em ambientes fechados	Avaliar caso a caso	Avaliar caso a caso	Notificar autoridades imediatamente, recomendado evacuar a edificação

NOTA 1 - Tabela baseada em Eklund (2011) e Sepich (2008) Tabela destina-se a sites com edifícios existentes. Endereçar desenvolvimento futuro, nenhuma ação adicional é recomendada se a concentração de gás do solo superficial é <30% e $\Delta P < 500 Pa$.

NOTA 2 - Se as concentrações de gás no solo combinadas de Metano e Dióxido de carbono são $\geq 90\%$, a mitigação deve ser considerada.

NOTA 3 – Gás do solo fora do perímetro da construção, mas dentro de um raio de 60 m (200 pés) do edifício pode ser de interesse. A massa total de metano presente devem ser considerados (isto é, a concentração x volume).

^A Valor máximo de gás metano do solo para a área de influência da construção. Gás de solo superficial se refere ao gás do solo na zona vadosa em até 10 m (33 pés) do solo abaixo da superfície.

^B Proprietário do imóvel ou do edifício / gestor deve identificar as fontes no interior das edificações e reduzir/controlar as emissões. Se nenhuma fonte for encontrada, a caracterização adicional do subsolo e monitoramento contínuo do ar interior deve ser considerado. ΔP refere-se a gradientes de pressão no subsolo a uma profundidade ou intervalo de 1,5 m. Para cascalho ou outra matriz altamente permeável, a utilização de um critério mais conservador inferior a 500 Pa (2 pol. H₂O), pode ser apropriado.

^C O potencial de gradientes de pressão a ocorrer no futuro, em um dado local devem ser considerados números em negrito entre parênteses referem-se a uma lista de referências no final da presente norma.

Fonte: Adaptado de ASTM (2016) – Table 1, pg.7

Os principais resultados analíticos obtidos para os pontos de monitoramento instalados no local podem ser observados na **Tabela 5.7-2**, a seguir.

Dos trinta e sete (37) poços monitorados no atual estudo, o gás metano (CH₄) foi detectado em dois (02) poços: PMG-142A e PMG-142B, com concentrações acima de 40% v/v.

Ressalta-se que estes poços estão localizados em uma das porções da área que fora denominada deposição de solo de origem desconhecida. No entanto, ao comparar o comportamento dos gases obtidos durante a medição com o Gráfico de representação qualitativa da concentração dos gases em corpo de resíduo (**Figura 43**) nota-se que os resultados não se enquadram em nenhuma das fases especificadas. Adicionalmente, não fora identificada a presença de resíduos com características domiciliares, em nenhuma das sondagens realizada no local.

Dessa forma, não se pôde avaliar uma possível duração desta geração de gases, uma vez que o modelo conceitual converge para fonte não antropogênica de matéria orgânica local.

Assim, considerando a avaliação de acordo com a ASTM E2993-16 (**Figura 44**), entende-se que, devido à concentração estabilizada de metano ser superior a 30%, deve ser realizada uma avaliação de gases em ambiente fechados, o que não se fez necessário na local, pois não havia edificações ou estruturas que caracterizem esse tipo de ambiente, em um raio de 60 metros das concentrações aferidas.

Não obstante, quando houver mudança de uso do solo no local e conseqüentemente a implantação de edificações com locais confinados, deverá ser realizada a avaliação dos gases nos ambientes fechados com maiores tendências a confinamento ou menor quantidade de trocas.

O segundo limite de atenção, adotado para interpretação dos resultados, foi o limite inferior de explosividade, sendo 5% e o limite de alerta 30% v/v, ainda de acordo com a ASTM (2016).

Neste âmbito, 06 (seis) poços apresentaram valores que se enquadram no intervalo $5\% \leq [\text{CH}_4] \leq 30\%$ v/v, como os poços PMG-125A, PMG-125B, PMG-131A, PMG-131B, PMG-136B e PMG-137A. No entanto, nenhum deles apresentou valores significativos de pressões relativas, conforme pode ser observado na **Tabela 5.7-2**, indicando não haver necessidade de demais avaliações.

Na área em estudo a maior pressão relativa obtida foi 0,03 mbar, que convertida representa 3 Pa, ou seja, aproximadamente 150 vezes menor que o especificado pela ASTM (2016) apud Eklund (2011). Assim, neste caso, não deverá ser adotada nenhuma medida técnica, para estas porções.



Demais pontos de monitoramento se enquadraram nos valores em que a ASTM indica que não é necessária a adoção de nenhuma ação.

Ademais, também foram avaliadas as concentrações de Metano somada a concentração de Dióxido de Carbono, que se $\geq 90\%$ deverá ser considerada medidas mitigatórias no local. No presente estudo, o maior valor obtido para o somatório dos dois gases foi aproximadamente 60%.

A **Tabela 5.7-2** apresenta os valores de concentração volumétrica de Metano (CH_4), além das concentrações de Dióxido de Carbono (CO_2), Oxigênio (O_2), Monóxido de Carbono (CO), Gás Sulfídrico (H_2S), pressões relativas e absoluta e temperatura, após a purga e estabilização dos parâmetros, no monitoramento de gases nos poços.

Os **Gráficos 5.7-1 a 5.7-37** apresentam a evolução das concentrações de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) ao longo da purga, teste de estanqueidade com CO_2 e monitoramento realizado, cujos dados obtidos encontram-se no **Anexo IX**.

A **Figura 44** apresenta fluxograma com as ações a serem adotadas de acordo com a Fase identificada e resultados das medições de gases.

Os **Gráfico 5.7-1 a 5.7-37** apresentam a evolução das concentrações de metano (CH_4).

Tabela 5.7-2 – Concentração Volumétrica de CH₄ dos poços de gás após estabilização.

Ponto de amostragem	Data	Hora	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	CH ₄ +CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (ppm)	H ₂ S (ppm)	Temp. (°C)	Pressão Absoluta (mbar)	Pressão Relativa. (Pa)
Valores de referência*			30%	-	90%	-	-	-	-	-	500
PMG-125A	01/02/2016	9:01	24,90	4,30	29,20	0,10	2,00	0,00	24,30	919,0	0,0
PMG-125B	08/04/2016	10:16	11,70	8,60	20,30	0,10	1,00	0,00	26,70	931,3	-1,0
PMG-126A	01/02/2016	10:50	0,00	16,60	16,60	3,10	1,00	0,00	30,60	921,0	-2,0
PMG-126B	01/02/2016	12:16	0,00	13,30	13,30	3,50	1,00	0,00	29,00	921,0	0,0
PMG-126C	01/02/2016	11:40	0,00	16,40	16,40	1,20	2,00	0,00	33,60	921,0	-3,0
PMG-127A	29/01/2016	10:04	0,00	11,90	11,90	3,30	1,00	0,00	22,70	917,0	0,0
PMG-128A	03/02/2016	8:41	1,30	4,40	5,70	0,10	2,00	0,00	23,70	916,0	0,0
PMG-128B	08/04/2016	9:20	0,00	12,60	12,60	8,30	8,00	0,00	27,90	931,5	-3,0
PMG-129A	02/02/2016	10:11	0,00	10,10	10,10	12,10	1,00	0,00	27,00	919,0	0,0
PMG-129B	08/04/2016	8:28	0,00	15,60	15,60	8,30	3,00	0,00	27,70	931,3	3,0
PMG-130A	02/02/2016	9:29	1,60	19,60	21,20	0,00	1,00	0,00	24,90	919,0	-1,0
PMG-130B	02/02/2016	8:51	2,00	19,90	21,90	0,10	4,00	0,00	23,30	918,0	0,0
PMG-131A	29/01/2016	15:32	8,80	15,70	24,50	0,10	2,00	0,00	28,70	920,0	2,0
PMG-131B	29/01/2016	14:41	7,60	9,90	17,50	0,10	2,00	0,00	29,70	920,0	2,0
PMG-132A	01/02/2016	15:20	0,00	11,90	11,90	8,10	1,00	0,00	29,40	920,0	-2,0
PMG-133A	03/02/2016	15:14	0,00	15,70	15,70	0,10	2,00	0,00	29,20	918,0	1,0
PMG-133B	03/02/2016	14:25	1,70	16,60	18,30	0,10	3,00	0,00	29,60	918,0	3,0
PMG-135A	07/04/2016	13:18	0,00	5,90	5,90	14,90	1,00	0,00	32,10	928,0	3,0
PMG-135B	07/04/2016	12:52	0,00	16,30	16,30	8,30	0,00	0,00	32,10	928,3	4,0
PMG-136A	02/02/2016	10:57	0,00	11,50	11,50	3,00	2,00	0,00	26,30	920,0	-2,0
PMG-136B	08/04/2016	12:08	8,40	25,10	33,50	0,60	5,00	0,00	31,20	929,1	1,0
PMG-137A	08/04/2016	14:07	6,70	13,70	20,40	0,20	1,00	0,00	32,60	927,2	2,0
PMG-138A	01/02/2016	9:50	0,00	2,50	2,50	18,10	1,00	0,00	27,00	920,0	-2,0
PMG-139A	01/02/2016	16:09	0,00	8,30	8,30	7,50	1,00	0,00	32,00	920,0	0,0
PMG-139B	07/04/2016	14:06	0,00	9,10	9,10	11,60	1,00	0,00	35,00	926,0	0,0
PMG-140A	07/04/2016	9:57	0,00	11,40	11,40	11,50	1,00	0,00	22,10	932,5	-1,0
PMG-141A	07/04/2016	11:53	0,00	5,80	5,80	14,80	1,00	0,00	30,20	929,4	0,0
PMG-142A	29/01/2016	10:50	50,40	10,50	60,90	0,60	1,00	0,00	26,70	919,0	-1,0
PMG-142B	29/01/2016	11:41	54,70	1,00	55,70	0,00	1,00	0,00	30,90	920,0	1,0
PMG-143A	08/04/2016	14:52	0,00	12,50	12,50	3,70	1,00	0,00	32,50	927,1	-4,0
PMG-144A	03/02/2016	10:33	0,00	3,20	3,20	11,90	1,00	0,00	26,40	918,0	0,0
PMG-144B	03/02/2016	9:44	0,00	6,20	6,20	9,70	2,00	0,00	25,30	917,0	1,0
PMG-145A	07/04/2016	14:47	0,00	8,00	8,00	12,00	1,00	0,00	32,30	925,8	1,0
PMG-145B	08/04/2016	10:58	0,00	15,60	15,60	0,20	2,00	0,00	30,10	930,6	0,0
PMG-146A	01/02/2016	14:27	0,00	10,60	10,60	4,00	1,00	0,00	33,10	921,0	0,0
PMG-147A	07/04/2016	12:25	0,00	7,90	7,90	14,20	0,00	0,00	27,60	929,6	3,0
PMG-148A	07/04/2016	11:11	0,00	11,60	11,60	9,10	1,00	0,00	30,20	930,4	0,0

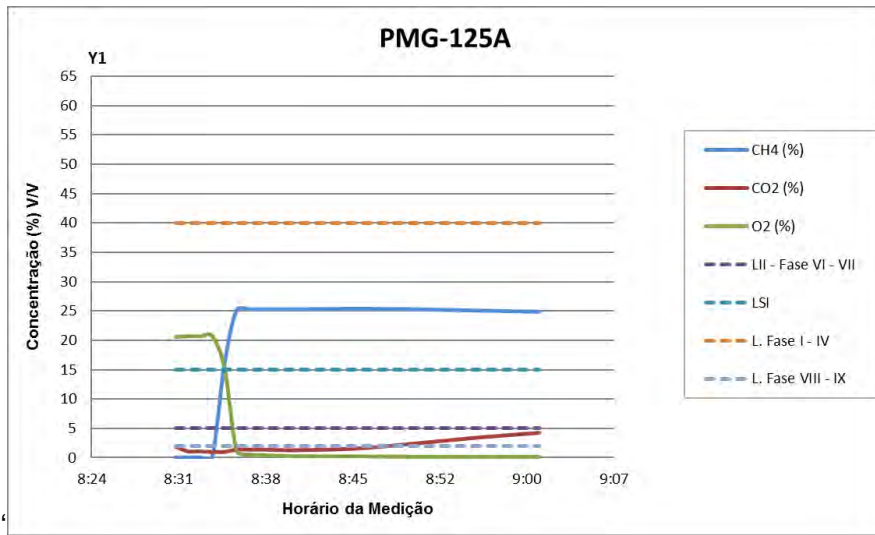


Gráfico 5.7-1 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-125A

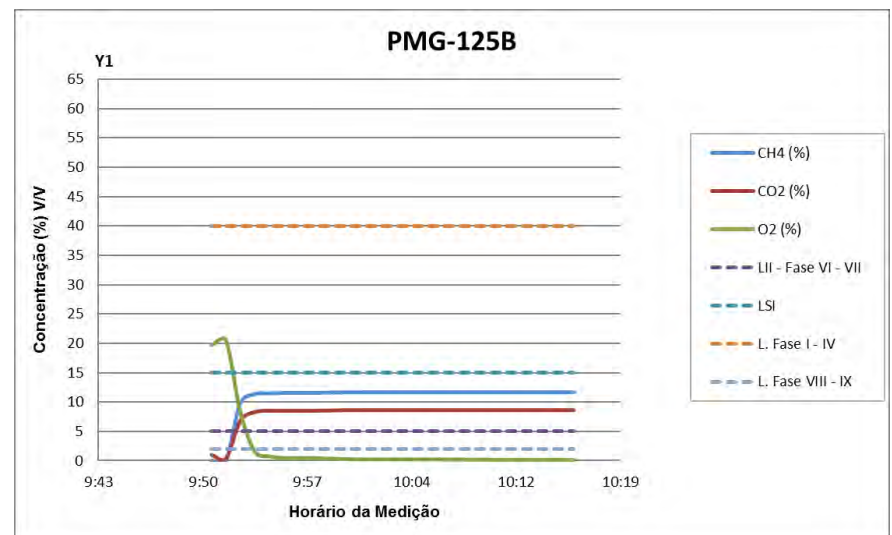


Gráfico 5.7-2 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-125B

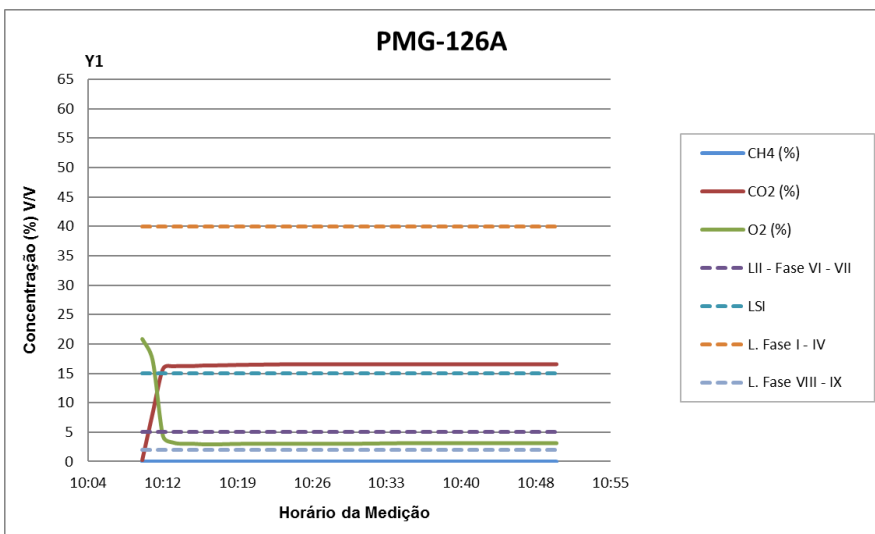


Gráfico 5.7-3 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-126A

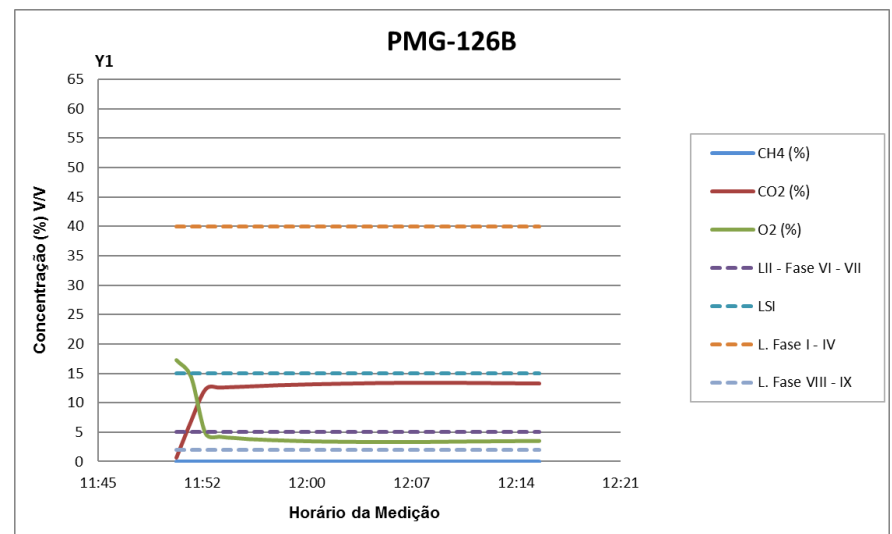


Gráfico 5.7-4 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-126B

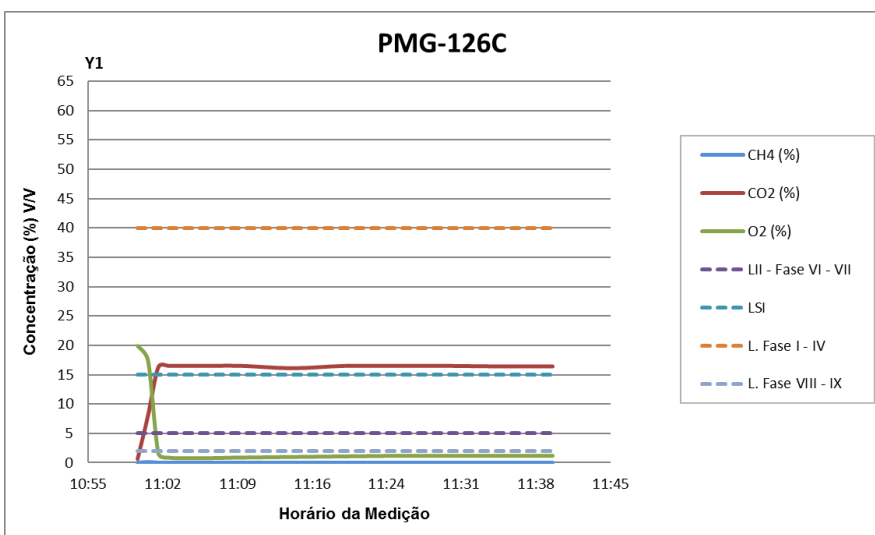


Gráfico 5.7-5 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-126C

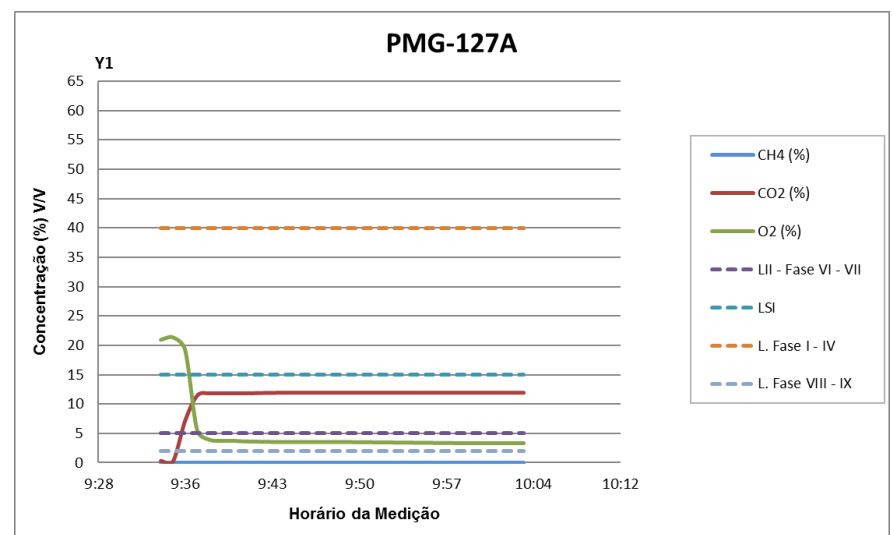


Gráfico 5.7-6 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-127A

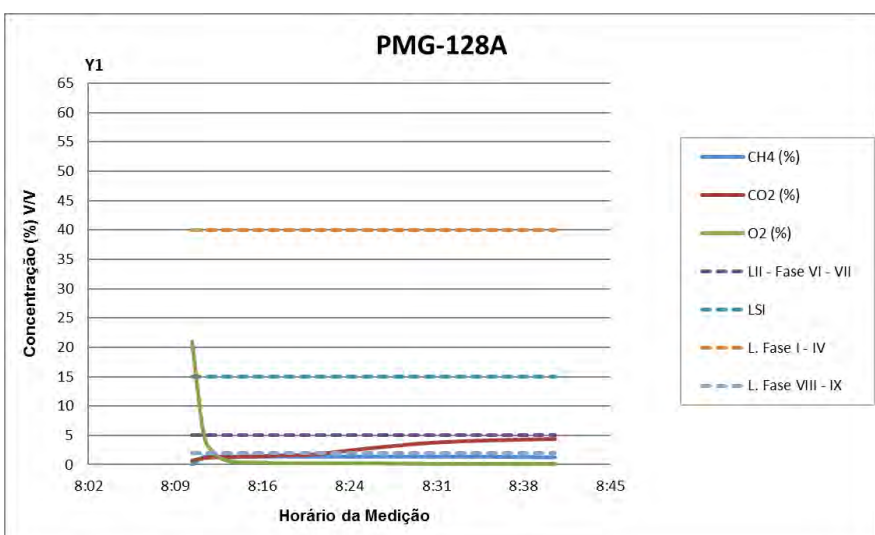


Gráfico 5.7-7 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-128A

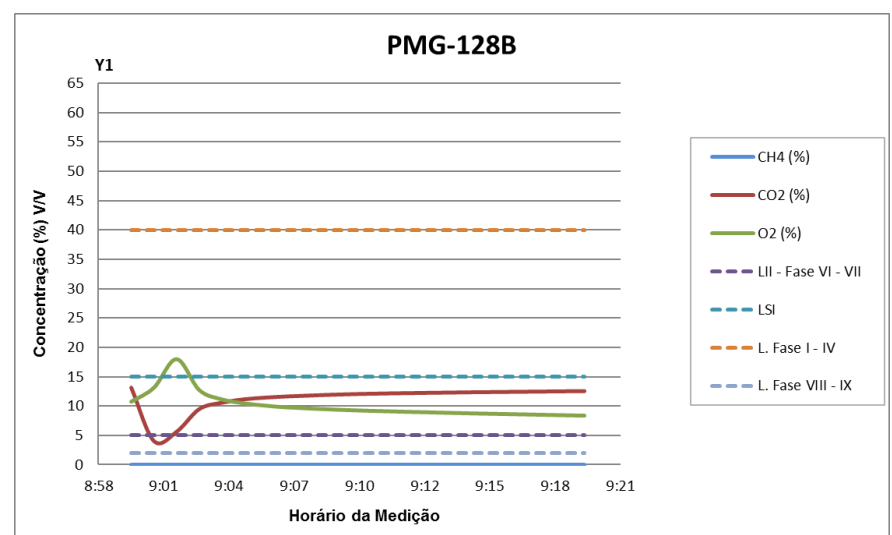


Gráfico 5.7-8 – Evolução das concentrações de CO₂, CH₄, e O₂ no poço de monitoramento de gases – PMG-128B

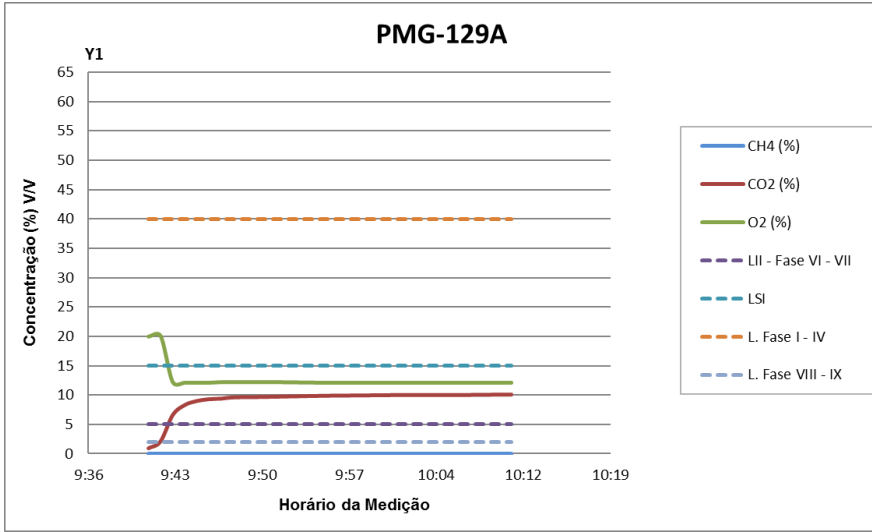


Gráfico 5.7-9– Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-129A

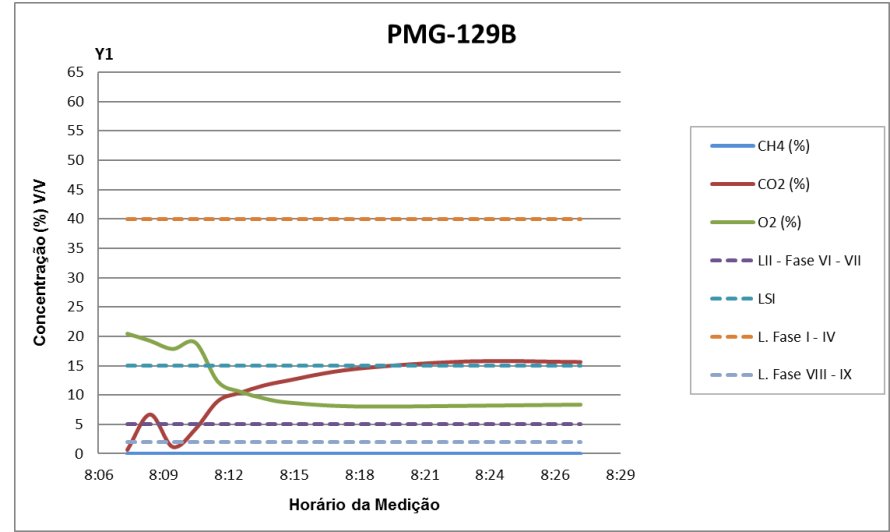


Gráfico 5.77-10 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-129B

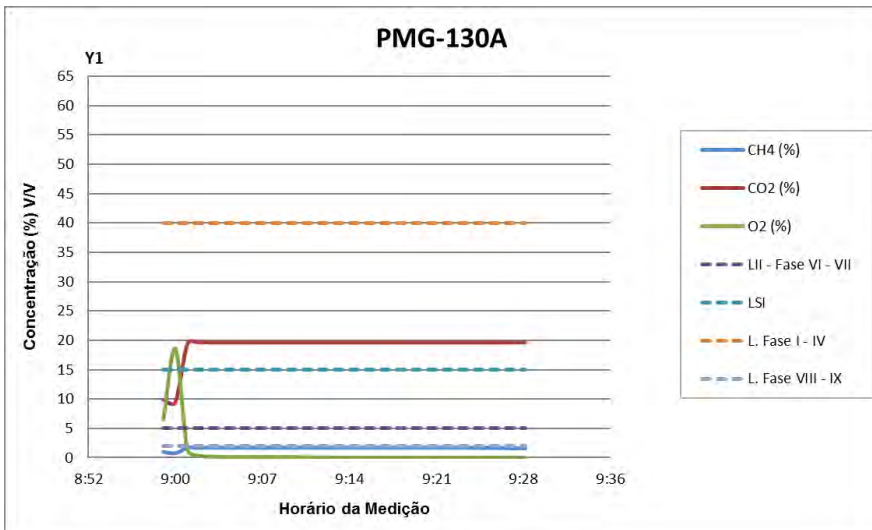


Gráfico 5.7-11 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-130A

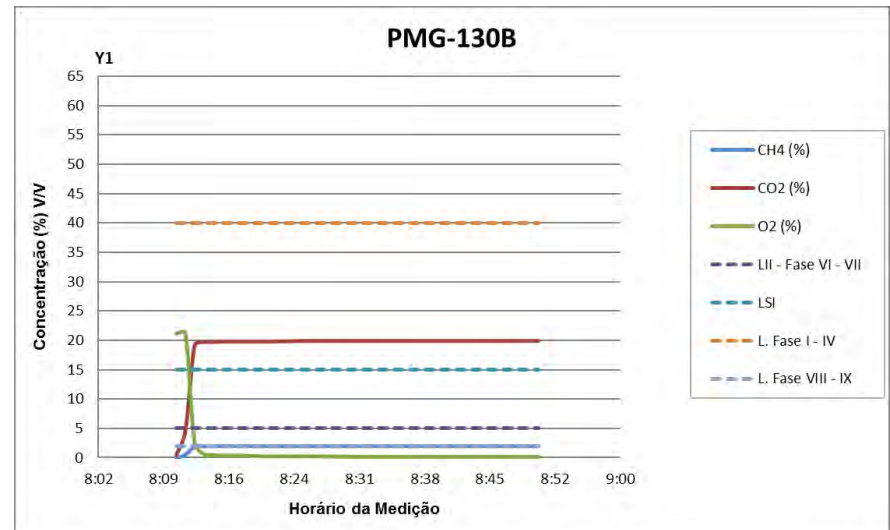


Gráfico 5.7-12 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-130B

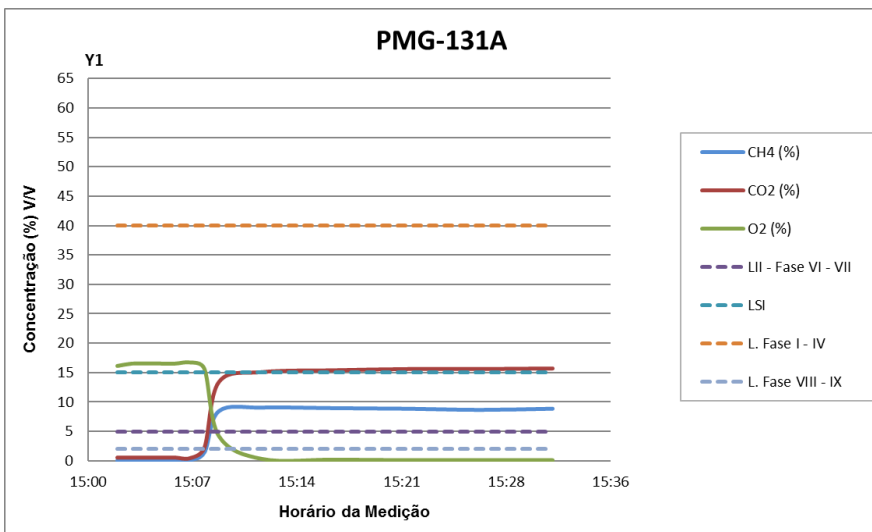


Gráfico 5.5.7-13– Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-131A

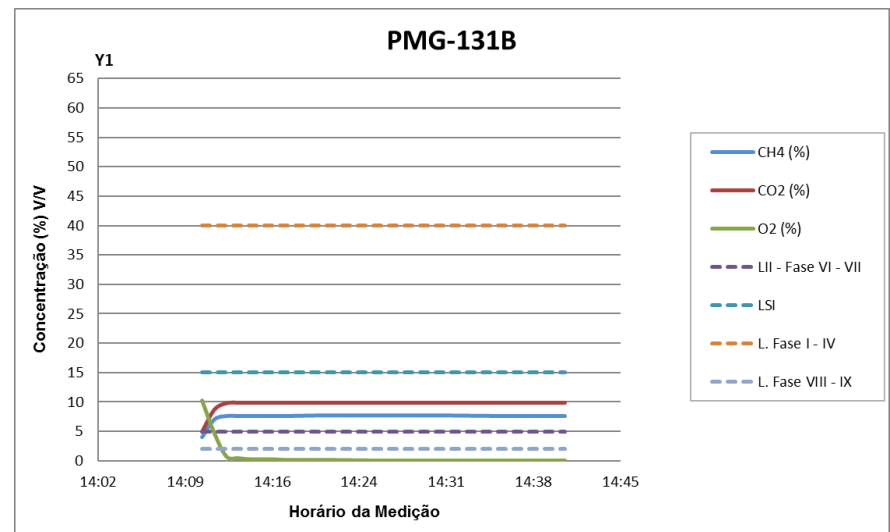


Gráfico 5.7-14– Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-131B

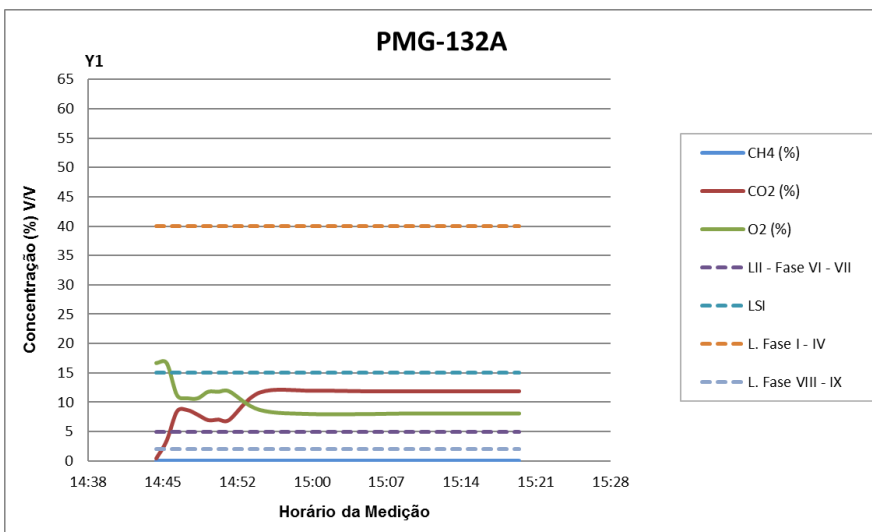


Gráfico 5.7-15 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-132A

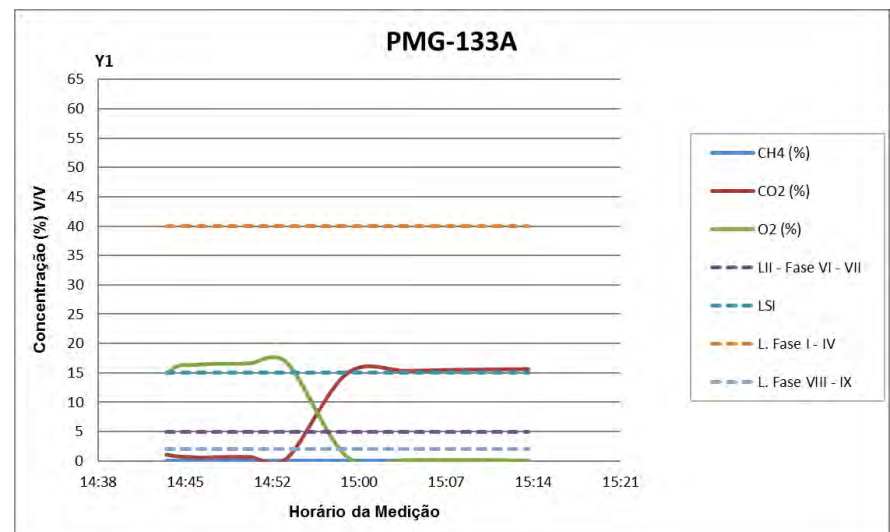


Gráfico 5.7-16– Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-133A

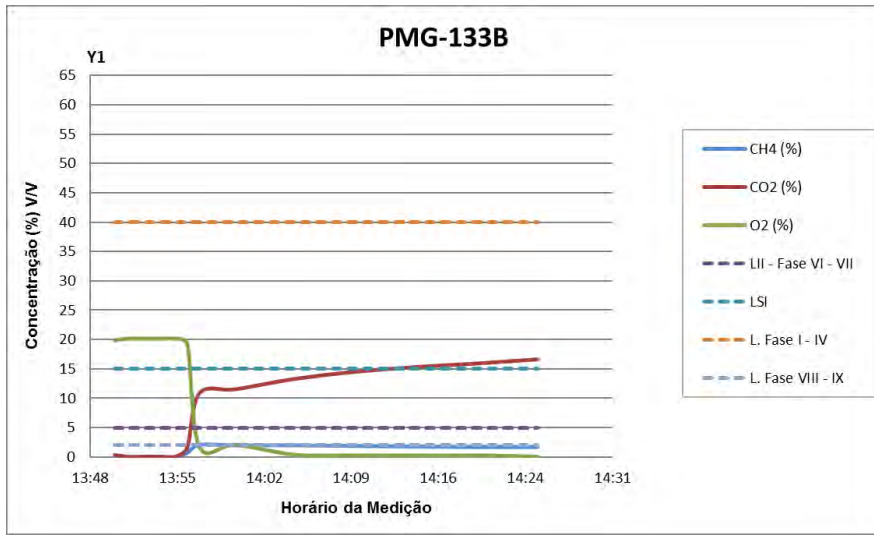


Gráfico 5.7-17 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-133B

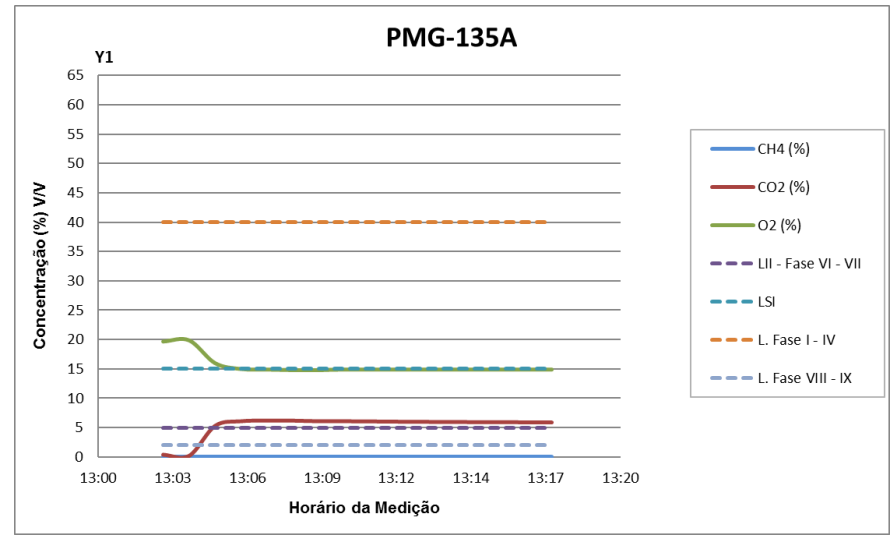


Gráfico 5.7-18 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-135A

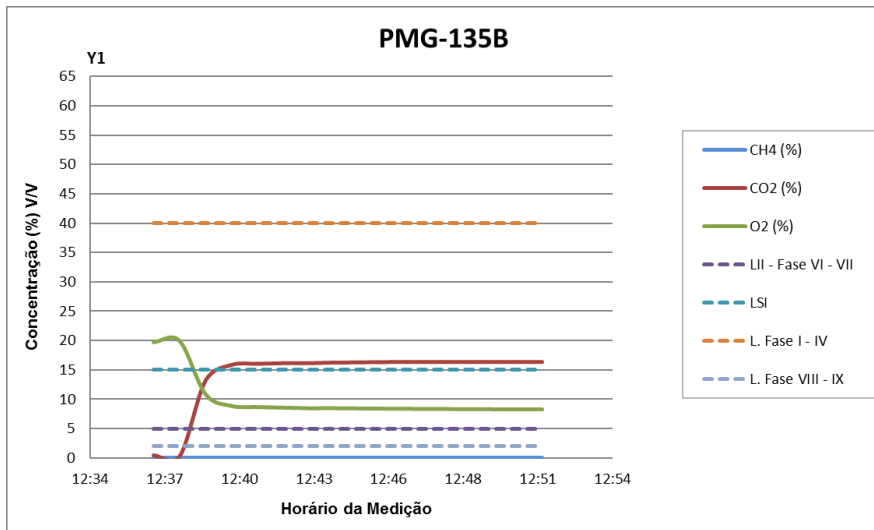


Gráfico 5.7-19 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-135B

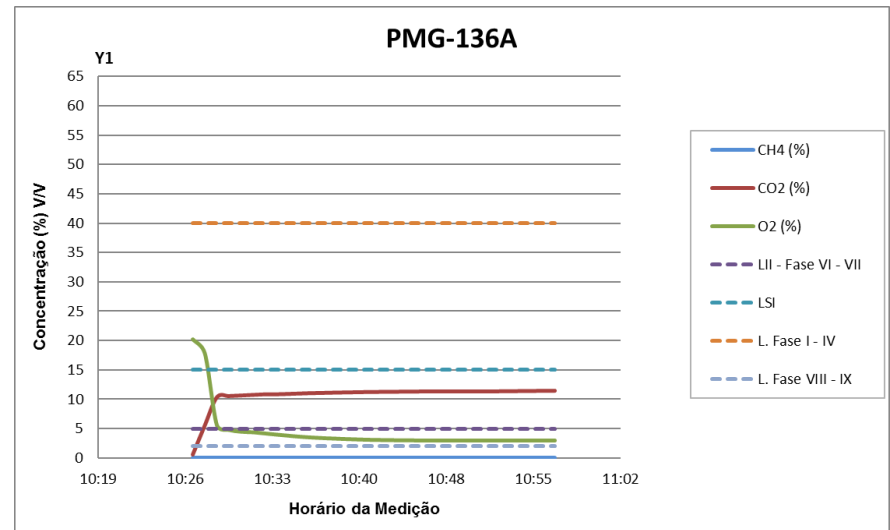


Gráfico 5.7-20 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-136A

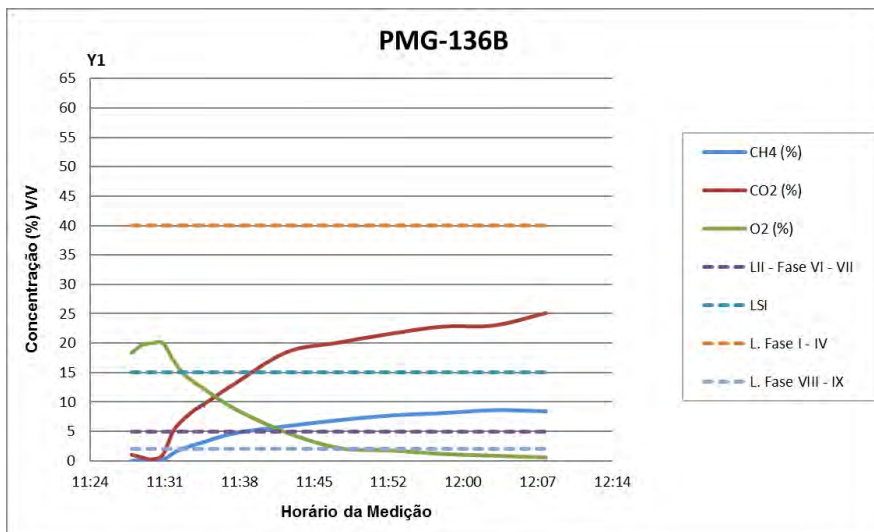


Gráfico 5.7-21 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-136B

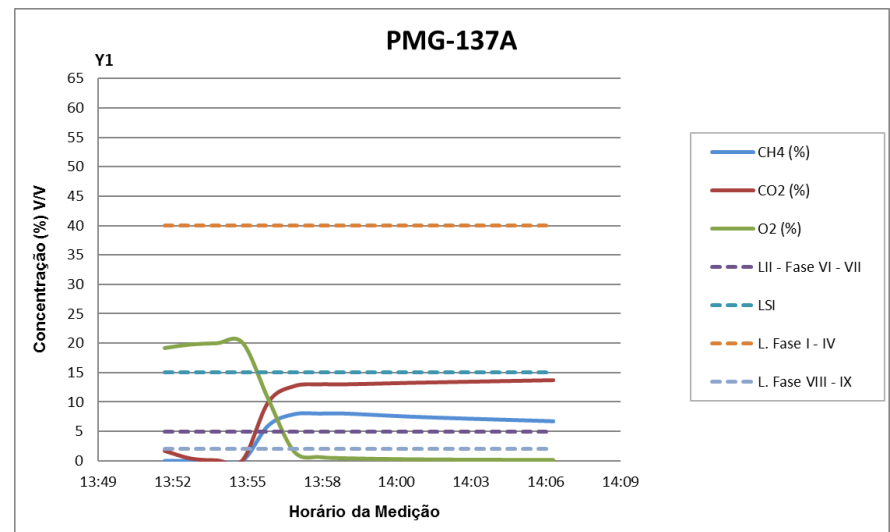


Gráfico 5.7-22 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-137A

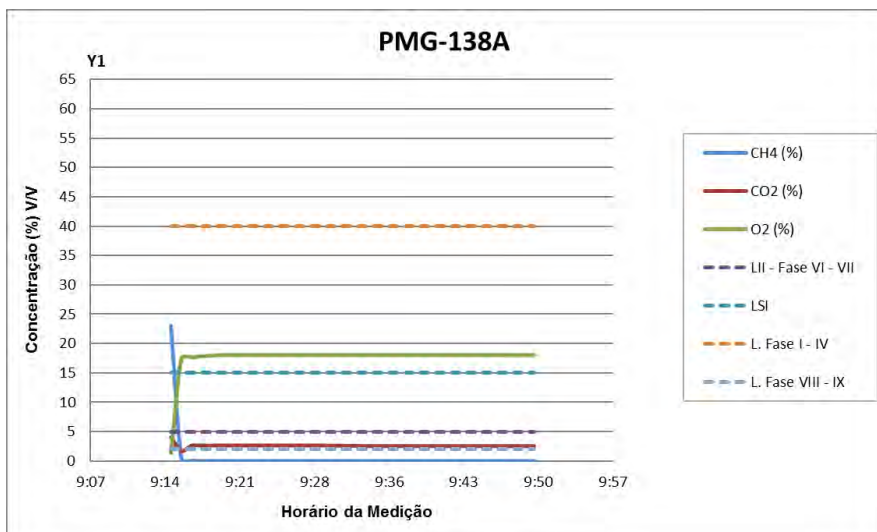


Gráfico 5.7-23 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-138A

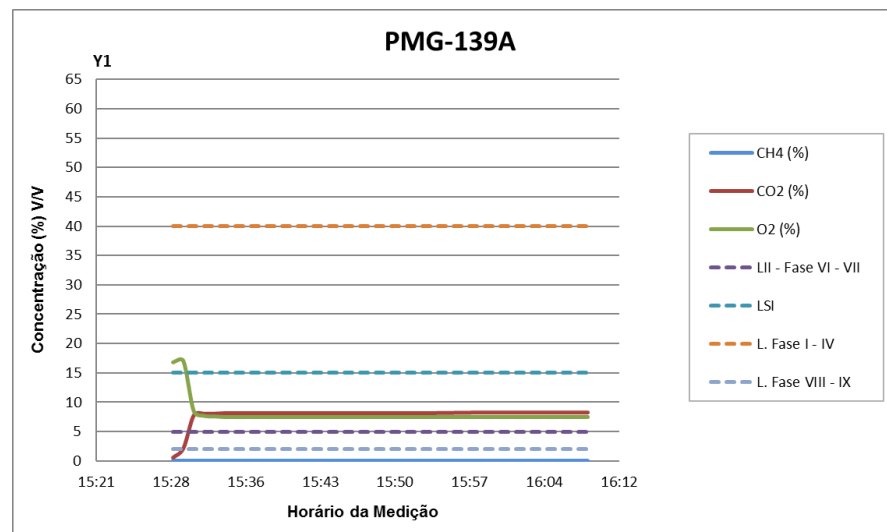


Gráfico 5.7-24 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-139A

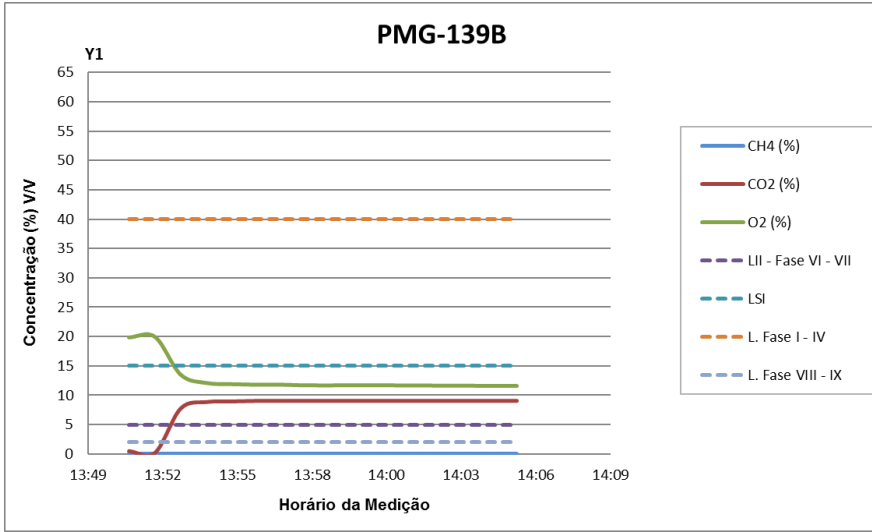


Gráfico 5.7-25 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-139B

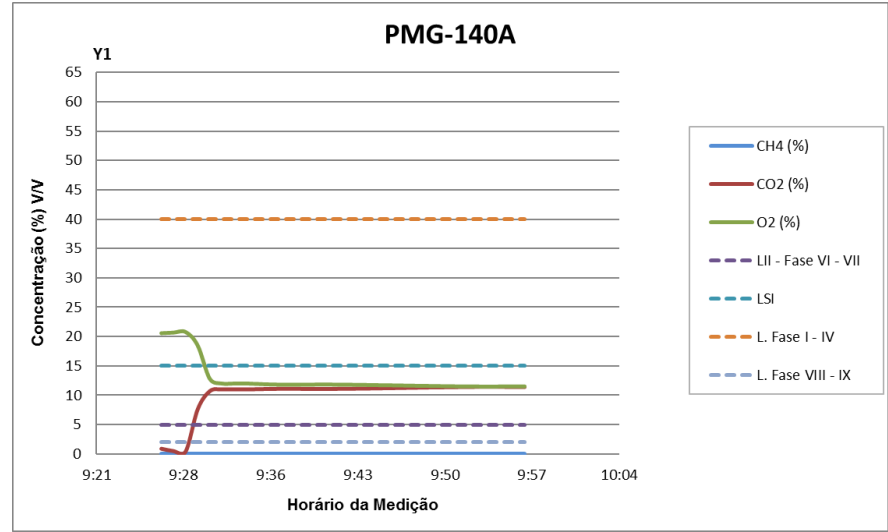


Gráfico 5.7-26 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-140A

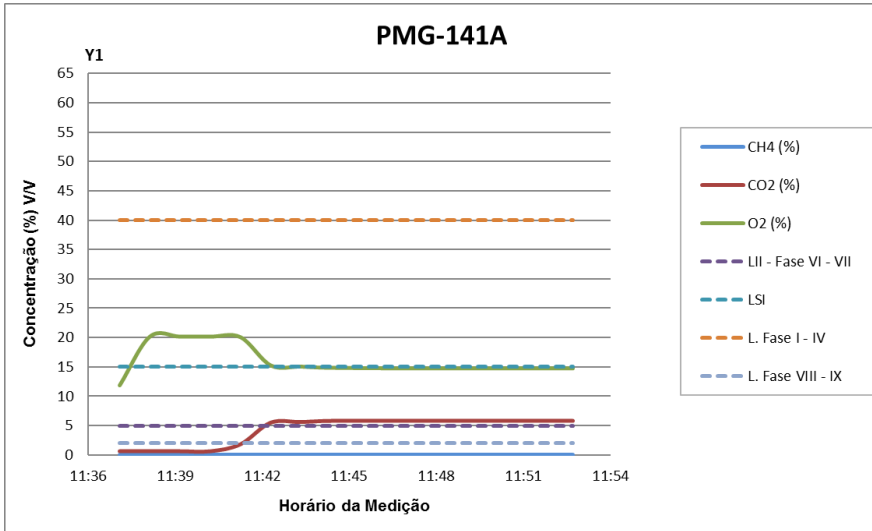


Gráfico 5.7-27 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-141A

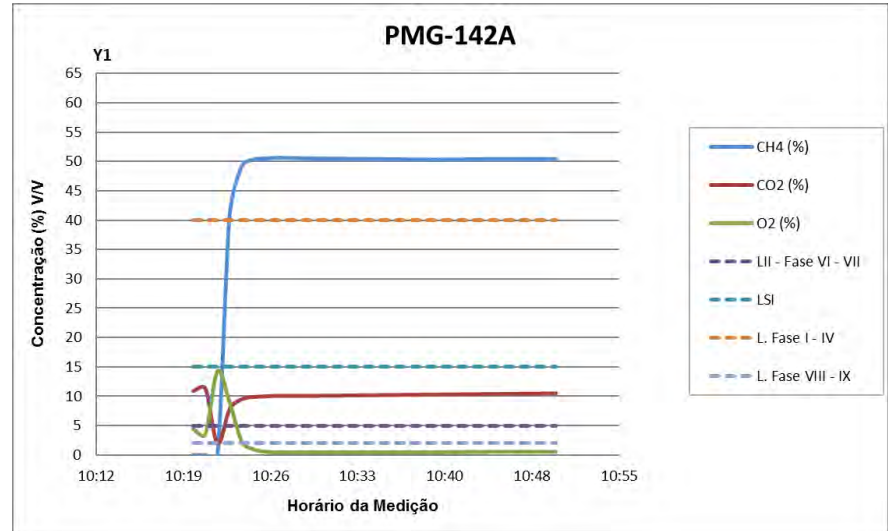


Gráfico 5.7-28 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-142A

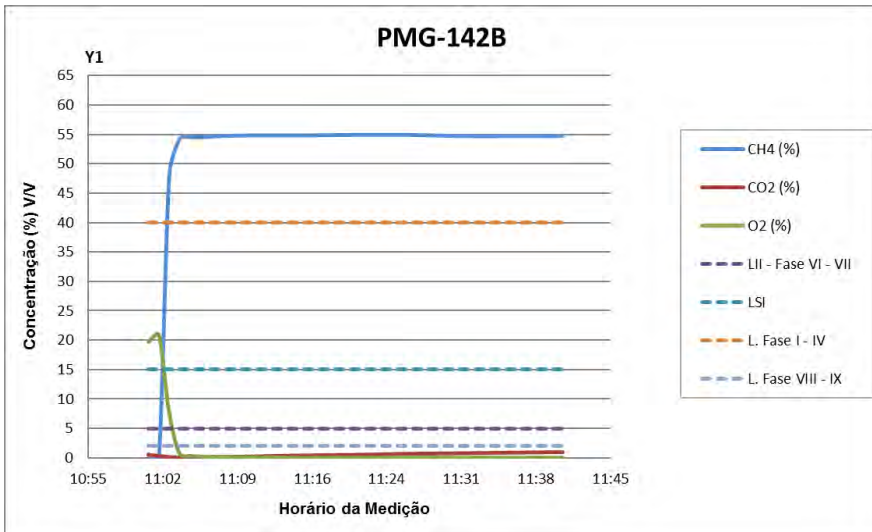


Gráfico 5.7-29 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-142B

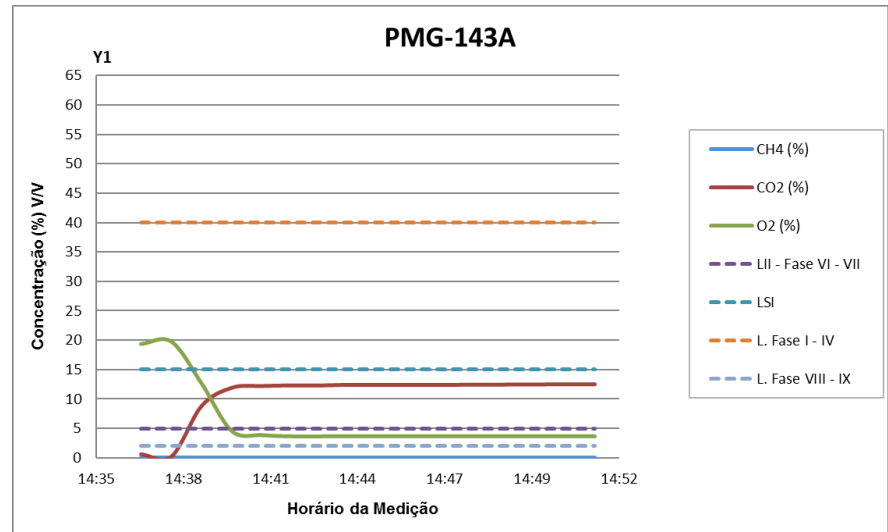


Gráfico 5.7-30 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-143A

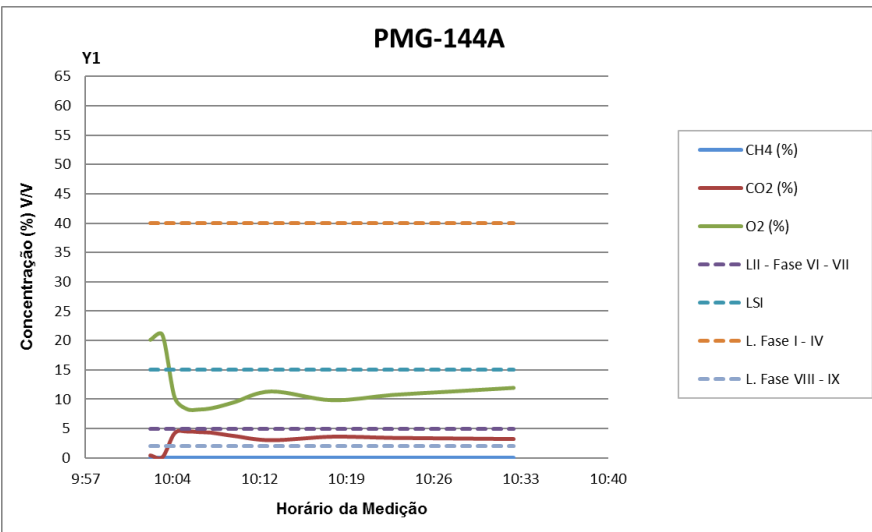


Gráfico 5.7-31 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-144A

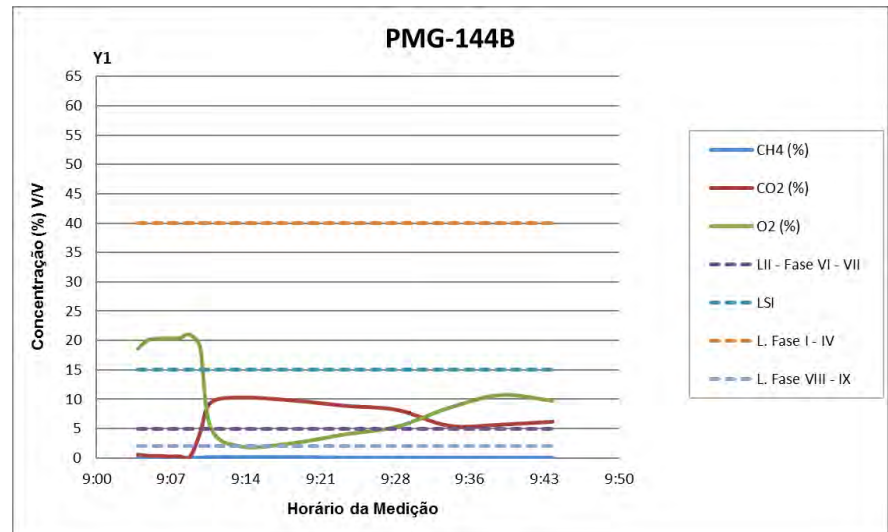


Gráfico 5.7-32 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-144B

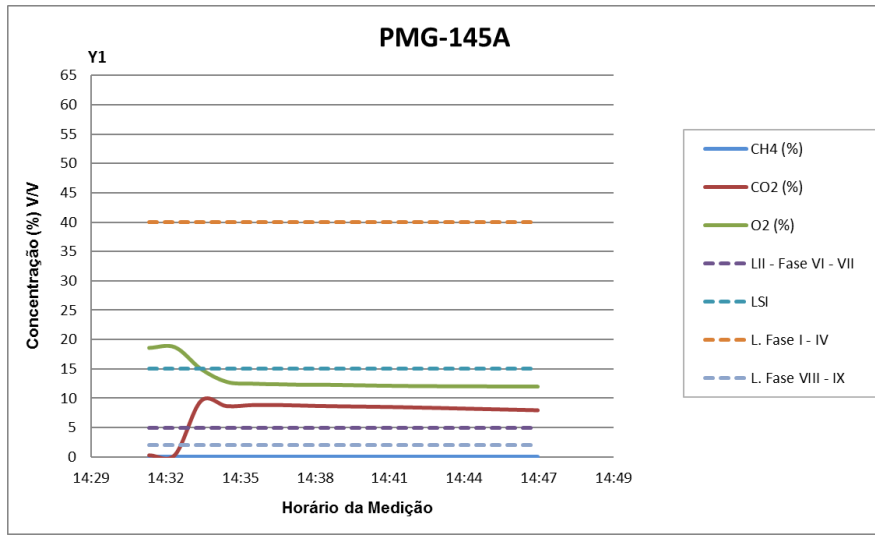


Gráfico 5.7-33 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-145A

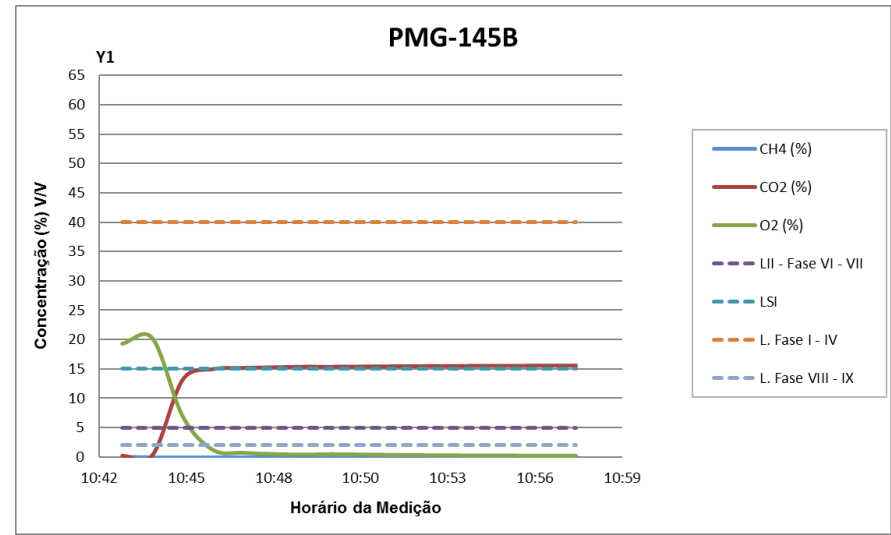


Gráfico 5.7-34 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-145B

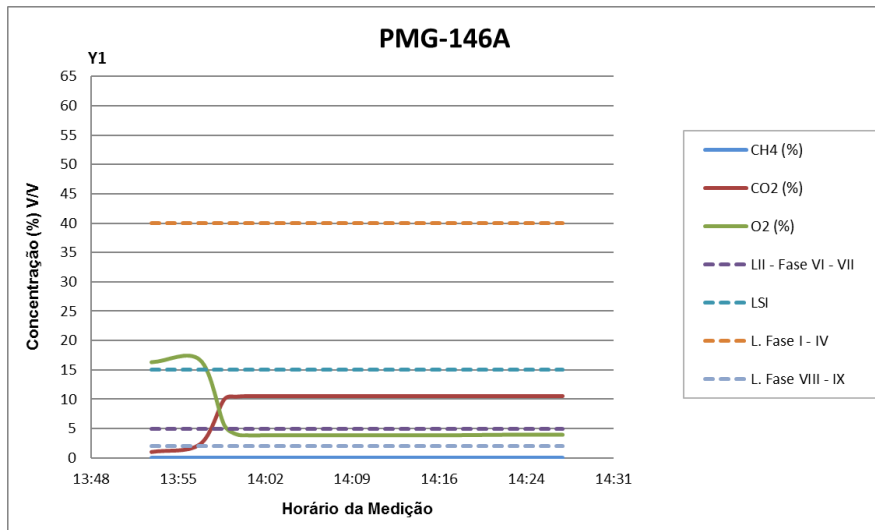


Gráfico 5.7-35 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-146A

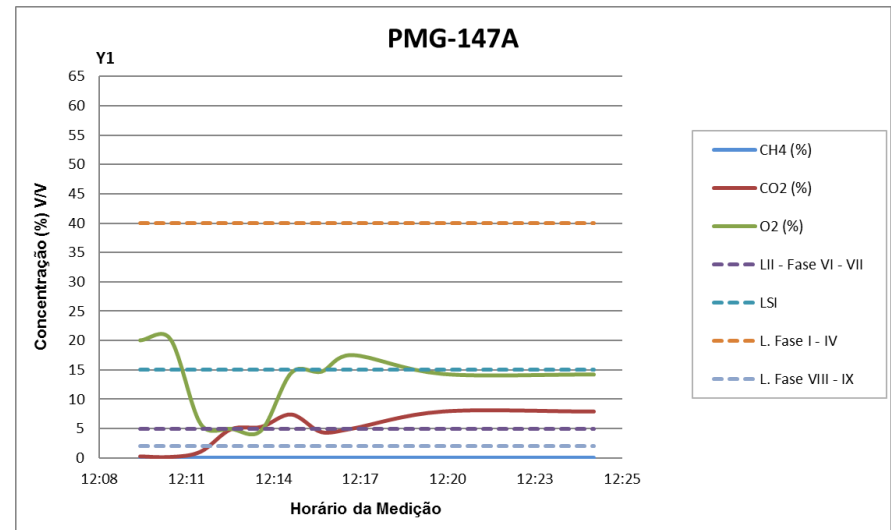


Gráfico 5.7-36 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-147A

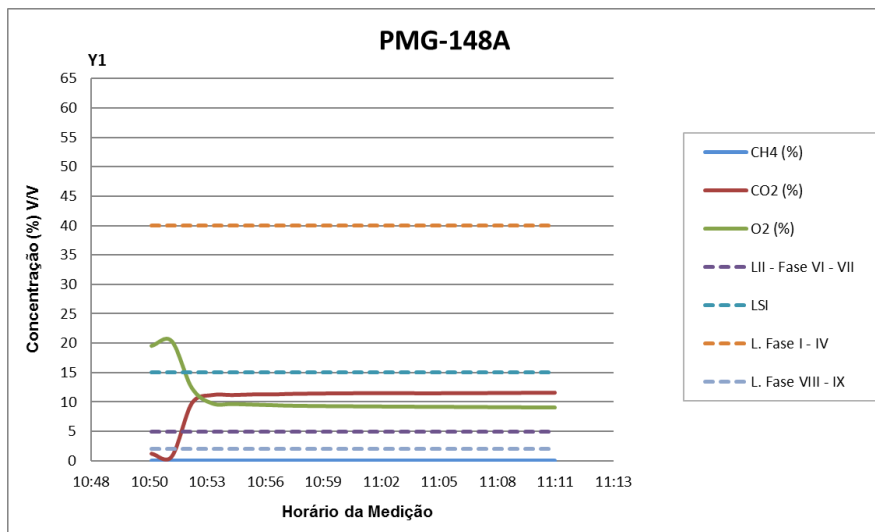
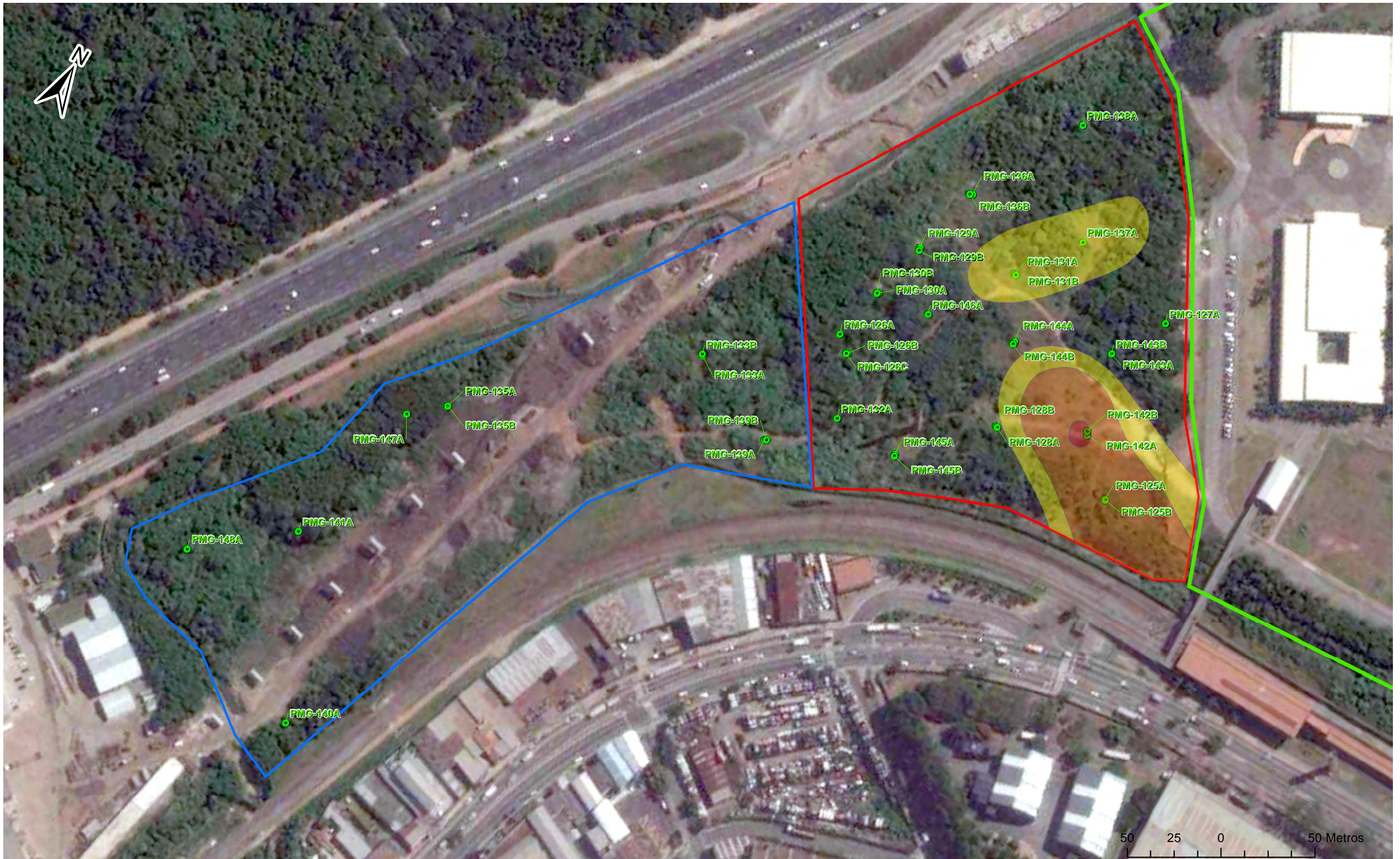


Gráfico 5.7-37 – Evolução das concentrações de CO2, CH4, e O2 no poço de monitoramento de gases – PMG-148A



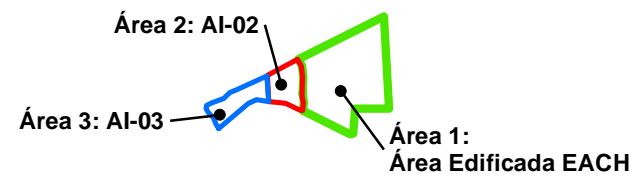
Legenda


● poços de gases/vapores

Concentração de Vapores

- > 5 ppm
- > 15 ppm
- > 30 ppm

Área de Estudo:



 <p>ConAm consultoria ambiental</p>	<p>Título: Mapa Medição de Parâmetros nos Poços de Vapor - Raso</p>	<p>Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP</p>	<p>Data: Janeiro 2017</p>	<p>Escala: Gráfica</p>
	<p>Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP</p>	<p>Local: Município de São Paulo – SP</p>	<p>FIGURA 45</p>	

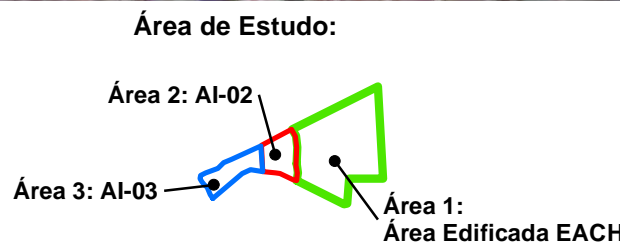


Legenda

● poços de gases/vapores

Concentração de Gases

Amarelo	> 5 ppm
Laranja	> 15 ppm
Vermelho	> 30 ppm



	Título: Mapa Medição de Parâmetros nos Poços de Vapor - Profundo	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 46	



6. ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO

O objetivo do estudo hidrogeoquímico é conhecer a qualidade natural do solo e da água subterrânea, isto é, sem influência de contaminação, para que seja possível identificar anomalias em outras áreas da USP Leste, onde estão sendo levantados passivos ambientais decorrentes de aterro de origem desconhecida entre os anos de 2010 e 2011.

A seguir são descritas as informações e dados utilizados para execução do estudo, bem como as metodologias utilizadas e os resultados obtidos. Os dados foram tratados por meio do software AquaChem (Waterloo Hydrogeologic Inc.), inclusive a execução de modelagem geoquímica.

As áreas de estudo hidrogeoquímico são as áreas AI-01, AI-02 e AI-03, pertencentes à Gleba 1 da USP Leste, bem como uma área pertencente ao Parque Ecológico Tietê (utilizada como *background*), localizada do outro lado da Rodovia Ayrton Senna.

6.1 Metodologia Estudo Hidrogeoquímico – Solo

As amostras de solo foram coletadas nas áreas AI-02 e AI-03, com suspeita de impacto ambiental decorrente do aterro de origem desconhecida, e no Parque Tietê, local considerado como *background* natural da região.

Os resultados laboratoriais das amostras de solo foram tabelados e os que se encontravam abaixo do limite de quantificação laboratorial foram excluídos do tratamento estatístico realizado no *software* AquaChem.

Primeiramente os resultados analíticos das amostras coletadas na área interna da USP Leste foram comparados com os “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo” (CETESB, 2014) e com o padrão USEPA (2015), visando identificar a existência de impacto antrópico no solo da USP Leste. Os valores denominados anomalias são aqueles que têm concentrações superiores aos valores de intervenção CETESB (2014), ou ao padrão USEPA (2015).

Após essa primeira análise, os resultados analíticos de metais coletados na área interna da USP Leste (AI-02 e AI-03) foram comparados estatisticamente com os resultados das amostras *background*, ou seja, aquelas coletadas no Parque Tietê, acrescidas de quatro amostras de solo aluvionar coletadas pela CETESB para



definição de valor de referência de qualidade para os solos do Estado de São Paulo (CETESB, 2001). Essas amostras, coletadas no Instituto de Zootecnia em Pindamonhangaba nas profundidades de 0,20 e 1,0m, foram escolhidas pois têm características parecidas com as amostras coletadas na planície aluvionar do Rio Tietê.

Além da análise estatística, que muitas vezes pode gerar valores falso positivos, uma abordagem geoquímica também foi utilizada. A mineralogia e a química do solo ditam que a ocorrência natural de elementos traço no solo existe em proporção relativa à presença de outros metais mais abundantes como o alumínio, ferro e manganês, e essa relação pode ser vista com gráficos de correlação, podendo diferenciar concentrações naturais de antrópicas (MYERS & THORBJORNSSEN, 2004).

Quando avaliada propriamente, a geoquímica pode fornecer explicações para altas concentrações aparentes de parâmetros, ainda que estes tenham origem natural. A distribuição de elementos traço tende a ter grandes ranges de concentração, com diferenças de duas a três ordens de magnitude. Amostras anômalas que podem representar contaminações podem ser realmente diferenciadas de amostras não contaminadas (MYERS & THORBJORNSSEN, 2004).

O alumínio por exemplo é utilizado em estudos de sedimentos como normalizador de concentração de elementos traço devido à sua ocorrência natural abundante e contribuição antropogênica incomum, sendo um elemento primário de aluminossilicatos (argilas), concentra naturalmente elementos traço (WINDOM et al., 1989; HANSON et al., 1993; DASKALAKIS and O'CONNOR, 1995; BAHENA-MANJARREZ et al., 2002). O ferro também é um elemento importante e utilizado em estudos de sedimentos, devido à abundância dos minerais de óxidos de ferro, que contêm muitos elementos traço associados, principalmente nas frações finas (DASKALAKIS AND O'CONNOR, 1995; SCHIFF & WEISBERG, 1997).

Dentre os muitos fatores que a abordagem estatística pode levar a conclusões errôneas sobre a natureza da presença de metais no solo, podemos citar a diferença de quantidade de amostras que são coletadas para análises background, normalmente inferiores àquelas que são coletadas dentro do site em investigação, a área de abrangência e o material coletado para análises *background*, que normalmente são diferentes daqueles do site em investigação (MYERS & THORBJORNSSEN, 2004).

6.2 Metodologia Estudo Hidrogeoquímico – Água Subterrânea

Os resultados de água tabelados foram inicialmente avaliados e os que se encontravam abaixo do limite de quantificação foram excluídos do tratamento estatístico realizado no *software* AquaChem.

Os resultados analíticos dos parâmetros orgânicos das amostras coletadas na área da USP Leste foram comparados com os “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo” (CETESB, 2014) e com o padrão USEPA (2015), visando identificar a existência de impacto antrópico na água subterrânea da USP Leste. Os valores denominados anomalias são aqueles que têm concentrações superiores aos valores de intervenção CETESB (2014), ou ao padrão USEPA (2015).

Após essa primeira análise, um tratamento estatístico foi feito com os resultados dos parâmetros físico-químicos medidos *in situ* e com os parâmetros que medem a carga orgânica presente na água subterrânea, buscando diferenciar as amostras *background* das com potencial de contaminação.

Continuando a interpretação de dados, buscando diferenças entre as amostras *background* e aquelas com potencial de contaminação, os resultados dos íons maiores foram comparados através de tratamento estatístico básico, confecção de gráficos *box plot* e Diagramas de *Piper*, utilizando o *software* AquaChem.

Para tanto, o erro analítico global das análises de cátions e ânions foi avaliado através da checagem do balanço iônico (EN %), cujos resultados situam-se dentro do limite de erro considerável bom para águas com as condutividades elétricas observadas, com exceção de algumas amostras descritas no **Item 6.4.4**.

As amostras que apresentaram anomalias de metais dissolvidos, ou seja, concentrações de metais que realmente encontram-se dissolvidas na água, foram comparadas estatisticamente com os resultados das amostras *background*, ou seja, aquelas coletadas no Parque Tietê.

E finalmente, a modelagem geoquímica para calcular os índices de saturação (IS) de minerais que podem estar controlando a concentração de parâmetros na água subterrânea, bem como determinar as espécies que estão em solução e seu potencial de transporte. O aplicativo que será adotado para elaboração do modelo é um dos mais utilizados para esse fim – PHREEQC for Windows (Parkhurst & Appelo,

1999) produzido pelo USGS (United States Geological Survey), um dos programas típicos para modelos de especiação.

6.3 Resultados Estudo Hidroquímico – Solo

De modo geral, o substrato da área em estudo é composto por uma camada de aterro arenoso e/ou argiloso orgânico, com presença de entulho de construção civil, madeiras e raízes. Salienta-se que quase a totalidade da área AI-02 foi aterrada entre os anos de 2010 e 2011, onde o aterro possui maior espessura, entre 3,0 e 3,5 m. O solo subsuperficial coletado nessa área tem composição predominante argilosa.

Abaixo do aterro ocorre em geral uma camada de argila pouco arenosa marrom clara compacta, seguida por sedimentos aluvionares compostos por pacotes de argila orgânica preta e argila cinza plástica compacta. O pacote argiloso é seguido e/ou intercalado em algumas porções por areia fina a média e média a grossa entre 4,0 m e 8,0 m de profundidade, com presença de cascalho e seixos, podendo estar associados a paleocanais do Rio Tietê.

O substrato do Parque Tietê é parecido com o da USP Leste, com exceção da pequena espessura ou completa ausência de aterro. A argila orgânica e argila plástica são seguidas por estrato arenoso fino. Na porção SW este estrato arenoso fino é seguido por camada de areia média a grossa. Em direção NE, por camada de areia grossa, argila de compactação elevada e camada de areia média a grossa. E na porção NE, por solo de alteração, argila de compactação elevada e camada de areia média a grossa. O solo subsuperficial coletado nessa área também tem composição predominantemente argilosa.

6.3.1 Resultados Solo – Compostos Orgânicos

Os resultados analíticos de compostos orgânicos das amostras de solo das áreas internas à USP Leste (AI-02 e 03) demonstraram as seguintes anomalias, concentrações acima do valor de Alerta (VP) e substâncias detectadas com concentrações inferiores aos padrões utilizados para comparação conforme **Tabela 6.3.1-1**.

Tabela 6.3.1-1 – Ocorrências de parâmetros orgânicos nas amostras de solo das áreas investigadas.

Anomalias	Amostras			
SVOC	UD-04 (0,3)	UD-05 (1,0)	UD-15 (1,0)	
VOC	UD-12 (S-336)	UD-16 (S-466)		
TPH (total)	UD-12 (S-336)	UD-14 (PM-04)	UD-15 (S-438)	UD-15 (S-439)
Valor Alerta (VP)	Amostras			
PCBs	UD-09 (1,0)	UD-12 (1,0)	UD-20 (1,0)	
Pesticidas - DDE	UD-18 (1,0)			
Substâncias detectadas	Amostras			
Pesticidas – DDE	UD-18 (0,3)			
Pesticidas – Endossulfan	UD-03 (1,0)	UD-05 (0,3)	UD-05 (1,0)	

6.3.2 Resultados Solo – Metais

Alguns metais analisados não foram detectados em nenhuma das amostras (USP Leste e Parque Tietê). São eles: Sb, As, B, Cd, Cr6+, Hg, Mo, Ag, Se, Be e Ta.

E dentre os resultados analíticos de solo para metais, algumas amostras das áreas internas à USP Leste (AI-02 e 03) apresentaram concentrações acima dos valores de referência e alerta (CETESB, 2014) (**Tabela 6.3.2-1**):

Tabela 6.3.2-1 – Ocorrências de metais com concentrações acima dos valores de referência nas amostras de solo.

Valor Alerta (VP)	Amostras
Bário	UD-07 (1,0) e UD-09 (1,0)
Chumbo	UD-16 (1,0)
Cobre	UD-12 (1,0)
Cromo	UD-08 (0,3)
Zinco	UD-01 (0,3), UD-03 (0,3), UD-05 (0,3), UD-06 (0,3 e 1,0), UD-07 (0,3), UD-08 (0,3 e 1,0), UD-09 (0,3 e 1,0), UD-12 (1,0), UD-17 (1,0), UD-19 (0,3 e 1,0), UD-20 (0,3)
Valor de Referência de qualidade (VRQ)	Amostras
Bário	UD-07 (0,3 e 1,0), UD-15 (0,3 e 1,0)
Chumbo	UD-01 (0,3 e 1,0), UD-03 (0,3 e 1,0), UD-05 (0,3 e 1,0), UD-06 (0,3 e 1,0), UD-07 (0,3 e 1,0), UD-08 (0,3), UD-09 (0,3 e 1,0), UD-10 (0,3), UD-13 (0,3), UD-15 (1,0), UD-17 (1,0), UD-18 (1,0), UD-19 (0,3), UD-20 (0,3)

Cobre	UD-04 (1,0), UD-20 (0,3)
Cromo	UD-20 (1,0)
Níquel	UD-09 (0,3), UD-19 (0,3)
Zinco	UD-01 (1,0), UD-04 (0,3), UD-05 (0,3 e 1,0), UD-07 (0,3 e 1,0), UD-10 (0,3), UD-13 (0,3), UD-15 (0,3), UD-18 (1,0)

Amostras sublinhadas em cinza apresentaram alguma ocorrência de substâncias orgânicas.

Percebe-se que algumas amostras com alteração de qualidade para os metais são coincidentes com aquelas que apresentaram substâncias orgânicas (sublinhadas em cinza), levando a uma primeira hipótese de que as concentrações encontradas são de origem antrópica, já que as concentrações de metais das amostras coletadas no Parque Tietê, não apresentaram valores acima dos de referência.

Como citado anteriormente, o solo subsuperficial coletado na área interna da USP Leste tem composição argilosa, enquanto que os sedimentos aluvionares coletados no Parque Tietê são predominantemente arenosos. Portanto, uma outra hipótese para a diferenciação entre as concentrações de metais, se deve à diferença de composição litológica, e portanto, química, entre essas amostras. Como sabido, solos argilosos são naturalmente muito mais enriquecidos em metais do que solos arenosos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

O tratamento estatístico mostra diferença entre as concentrações de metais detectados nas amostras da USP Leste e aqueles das amostras background (**Tabela 6.3.2-2**). E comparando-se com o valor de referência de qualidade (VRQ), as amostras background apresentam concentrações relativamente inferiores ao valor de referência de qualidade, atestando que os sedimentos amostrados no Parque Tietê são realmente empobrecidos em metais traço e portanto, os metais existentes nas áreas da USP Leste, podem ser de origem antrópica, associados aos aterros.

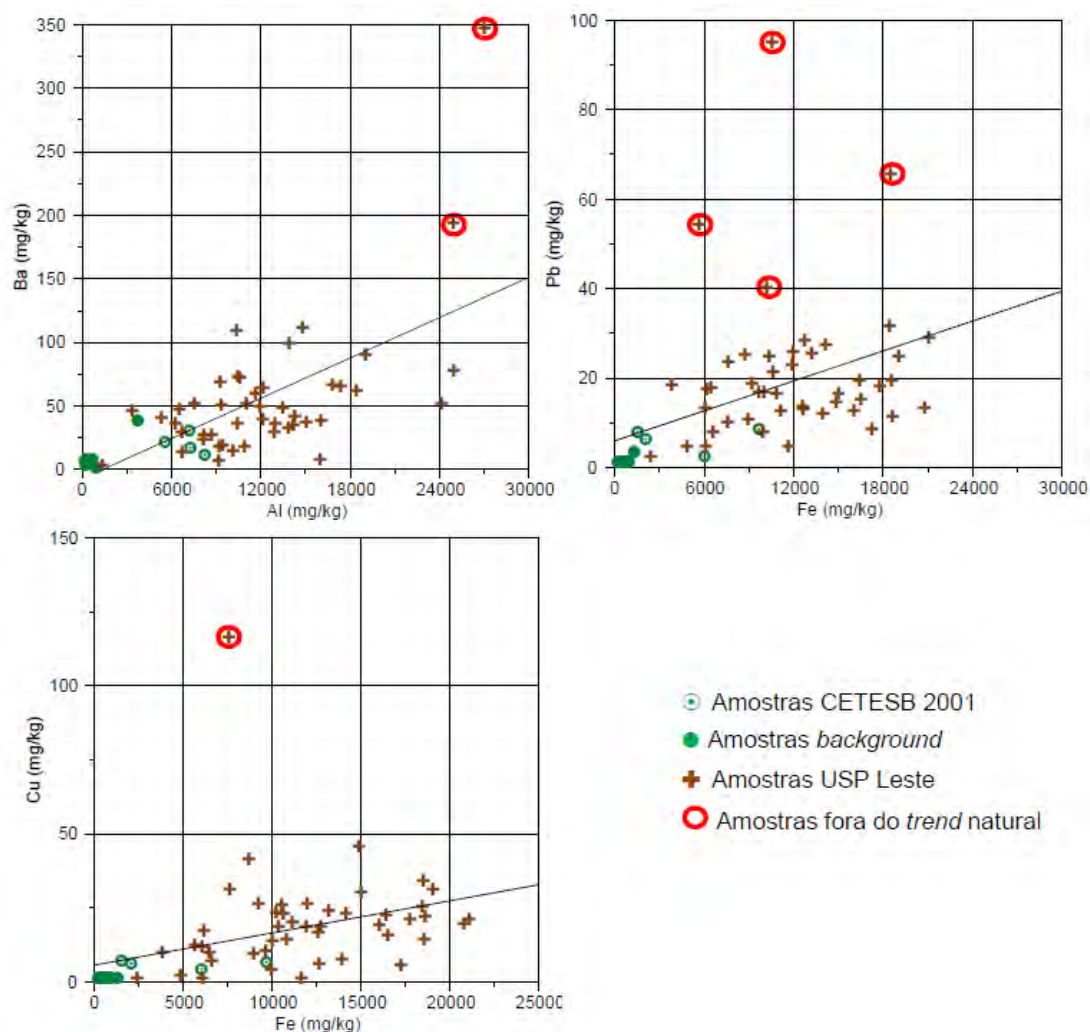
Tabela 6.3.2-2 – Comparação estatística das concentrações de metais entre as amostras de solo background e as coletadas nas áreas investigadas da USP Leste.

Metal	Localização	Min.	25 Perc.	Mediana	75 Perc.	Max.	VRQ ¹	VP ¹
Ba	<i>Background</i>	1.25	5.45	7.21	15.88	38.80	75	120
	USP Leste	1.25	16.90	36.85	54.53	347.40		
Pb	<i>Background</i>	1.12	1.16	1.24	3.33	8.50	17	72
	USP Leste	2.42	12.90	17.25	24.88	94.90		
Cu	<i>Background</i>	1.12	1.16	1.22	3.69	7.00	35	60
	USP Leste	1.21	10.23	18.80	23.93	116.80		

Metal	Localização	Min.	25 Perc.	Mediana	75 Perc.	Max.	VRQ ¹	VP ¹
Cr	Background	2.51	2.59	2.75	8.00	14.40	40	75
	USP Leste	2.72	13.08	17.45	19.90	88.00		
Ni	Background	1.00	1.13	1.16	1.22	4.50	13	30
	USP Leste	1.19	2.57	4.62	7.10	20.90		
Zn	Background	2.84	2.89	3.02	3.15	15.60	60	86
	USP Leste	3.02	44.78	64.45	90.75	173.40		

1 - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2014); VRQ – valor de referência; VP - valor de alerta.

Com relação à avaliação geoquímica entre os metais traço (Ba, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn) e metais mais abundantes Al e Fe, pode-se observar que boa parte das amostras com concentrações acima do valor de alerta e algumas acima do valor de referência de qualidade (Tabela 6.3.2-1), são as que estão fora do *trend* das ocorrências naturais e portanto, podem apresentar contaminação antrópica (**Figura 47 e Tabela 6.3.2-3**).



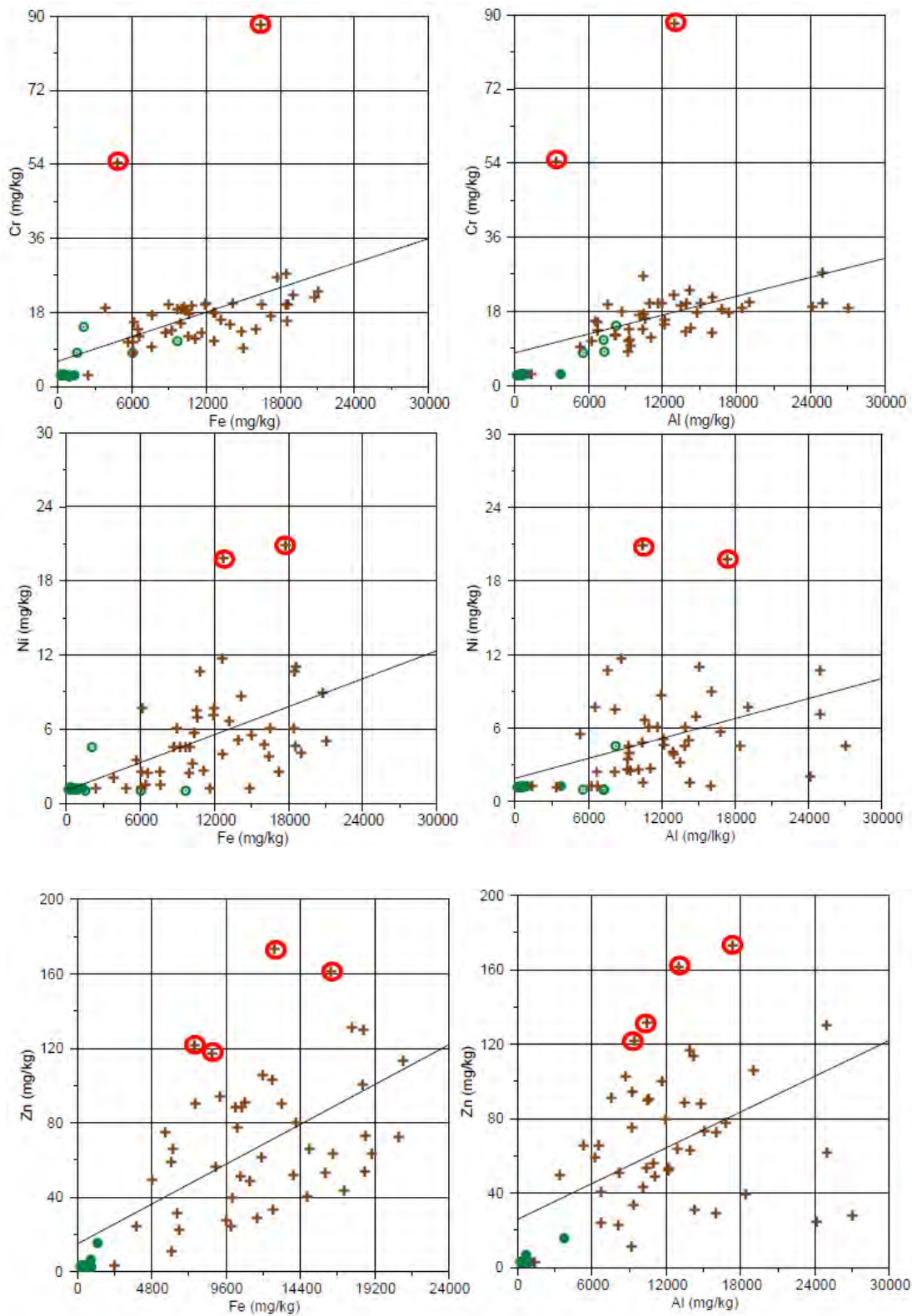


Figura 47 – Gráficos de correlação entre metais traço e metais abundantes (Fe e Al)

As amostras fora do *trend* natural de correlação entre os metais traço e os metais abundantes (Al e Fe), podem apresentar contaminação antrópica (**Tabela 6.3.2-3**), mas as demais, mesmo aquelas com concentrações acima do valor de referência de qualidade, são enriquecidas naturalmente em metais traço.

Tabela 6.3.2-3 – Amostras de solo com possibilidade de contaminação antrópica

Gráfico	Amostras
Bário x Alumínio	UD-07 (1,0) e UD-09 (1,0)
Chumbo x Ferro	UD-06 (1,0), UD-09 (1,0), UD-10 (0,3), UD-16 (1,0)
Cobre x Ferro	UD-12 (1,0)
Cromo x Ferro/Alumínio	UD-08 (0,3), UD-20 (1,0)
Níquel x Ferro/Alumínio	UD-09 (0,3), UD-19 (0,3)
Zinco x Ferro/Alumínio	UD-08 (0,3), UD-09 (0,3), UD-12 (1,0), UD-20 (0,3)

Amostras sublinhadas em cinza apresentaram alguma ocorrência de substâncias orgânicas.

6.4 Resultados Estudo Hidrogeoquímico – Água Subterrânea

Os poços instalados dentro da USP Leste têm profundidades variando entre 3,0 m e 4,6 m, e alguns deles possuem par com profundidades maiores, variando entre 6,10m e 9,5 m. Os níveis de água são em geral rasos, variando entre 3,1 m e 6,01 m nos poços rasos e entre 6,0 m e 9,11 m nos poços mais profundos. No Parque Tietê os poços rasos Leste têm profundidades variando entre 3,7 m e 4,6 m, e os profundos variam entre 7,6 m e 12,2 m. Os níveis de água são relativamente mais rasos que os da USP Leste por estarem mais próximos do Rio Tietê, variando entre 0,82 m e 1,48 m nos poços rasos e entre 1,1 m e 2,5 m nos poços mais profundos.

O fluxo horizontal geral da água subterrânea tem gradiente hidráulico baixo e ocorre de SE para NW / N, em direção ao Rio Tietê, zona de descarga regional, onde o fluxo vertical tende a ser ascendente. Segundo mapas potenciométricos, o fluxo preferencial das águas subterrâneas no aquífero raso nas áreas AI-01, AI-02 e AI-03 encontra-se no sentido W / NW, em direção ao córrego que fica entre a área de estudo e a Rodovia Ayrton Senna, bem como ao Rio Tietê. O mesmo ocorre no aquífero raso do Parque Tietê. Quanto ao fluxo mais profundo, nas áreas da USP Leste, o sentido preferencial das águas subterrâneas assume uma tendência radial,

com direção NE, N, NW, enquanto no Parque Tietê, ocorre predominantemente para W, SW.

A existência de fluxo vertical preferencial descendente foi observada nas áreas da USP Leste, enquanto que no Parque Tietê o fluxo preferencial é ascendente, como esperado em zona de descarga.

A tabela inserida no Aquachem com os dados recebidos e tabelados pode ser visualizada no **Anexo XVII**.

6.4.1 Compostos Orgânicos

Os parâmetros PCB's e POC não foram detectados em nenhuma das amostras (USP Leste e Parque Tietê), não sendo utilizados nas interpretações.

Os resultados analíticos de compostos orgânicos das amostras de água das áreas internas à USP Leste (AI-01 e AI-02 / 03) demonstraram as seguintes anomalias e substâncias detectadas com concentrações inferiores aos padrões utilizados para comparação (**Tabela 6.4.1-1**). É válido ressaltar que nenhum composto orgânico foi detectado nas amostras de água dos poços do Parque Tietê.

Tabela 6.4.1-1 – Ocorrências de parâmetros orgânicos nas amostras das áreas investigadas

Anomalias	Amostras	
Naftaleno	PM-04* (UD-14)	
Benzeno	PM-04** (UD-14)	
Etilbenzeno	PM-06** (UD-12)	
1,2,4-Trimetilbenzeno	PM-06* (UD-12)	
Substâncias detectadas	Amostras	
SVOC	PM-04 (UD-14)	
VOC	PM-04 (UD-14)	PM-06 (UD-12)

* - Acima do padrão USEPA (2015).** - Acima do padrão CETESB (2014).

A amostra de solo UD-12 (S-336) já havia indicado anomalia de VOC e TPH, além de concentrações de PCBs, cobre e zinco, acima do valor de alerta (VP), e a amostra UD-14 (PM-04) anomalia de TPH.

6.4.2 Parâmetros Físico-Químicos (pH, Eh, CE, OD)

As amostras coletadas dentro da USP Leste (Média A: 726 uS/cm) apresentam valores de condutividade elétrica (CE) superiores às das amostras *background* (média aritmética = Média A: 313 uS/cm), indicando portanto, alguma alteração em sua qualidade (Tabela 6.4.2-1 e Figura 48).

Altos valores de CE são observados em amostras da USP Leste (709 - 2160 uS/cm) principalmente em poços instalados na AI-02, dentre eles, PM-01 (UD-20), PM-03 (UD-19), PM-04 (UD-14), PM-06 (UD-12), PM-07 (UD-15) que apresentou a maior CE, PM-13 (UD-18), PM-14 (UD-17), e o PM-16 (UD-01) instalado na AI-03 (ULAI-03). Na porção da AI-01, todos os poços possuem CE alta (> 700 uS/cm), com exceção do poço AI1PM-15.

Tabela 6.4.2-1 – Ocorrências de parâmetros orgânicos nas amostras das áreas investigadas

Parâmetro		N. Am Backg	Max	Min	Média A	Desvio Padrão	Perc 10	Perc 75	Perc 90
Temp	°C	22	25.0	21.4	22.6	0.8	21.9	22.8	23.2
pH		22	7.6	5.9	6.4	0.4	5.9	6.6	6.8
ORP	mV	22	138.7	-100.6	-30.9	51.1	-90.6	-10.0	10.2
CE	uS/c	22	653.0	154.3	313.1	147.7	169.5	385.0	546.5
OD	mg/l	22	1.8	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.3
Parâmetro		N Am USP L	Max	Min	Média A	Desvio Padrão	Perc 10	Perc 75	Perc 90
Temp	°C	39	27.8	20.2	22.9	1.7	21.3	23.9	25.2
pH		39	7.4	4.9	6.3	0.6	5.7	6.7	7.0
ORP	mV	39	320.9	-1632.0	-67.2	279.9	-145.2	24.1	136.8
CE	uS/c	39	2760.	171.0	726.3	538.9	236.5	978.0	1448
OD	mg/l	39	3.5	0.0	0.3	0.6	0.0	0.2	0.3

N. Am Back – número de amostras *background*; N Am USP L – número de amostras USP Leste. Max – máximo; Min – mínimo; Média A – média aritmética; Perc 10; 75; 90 – percentil. ORP – Potencial de Óxido Redução; CE – Condutividade Elétrica; OD – Oxigênio Dissolvido.

O potencial de oxi-redução (ORP) das águas é predominantemente redutor nas amostras *background* e da área AI-01 da USP Leste, com valores mais redutores na AI-01, indicando potencial degradação anaeróbia. Na área AI-02 varia entre oxidante e redutor, e as amostras com maior CE apresentam ORP predominantemente redutores, como o PM-07 que possui o menor ORP (-1432 mV) e a maior CE. As amostras da AI-03 apresentam potencial oxidante predominantemente.

Quanto ao oxigênio dissolvido (OD) e pH, não estão muito claras suas relações entre as amostras *background* (Parque Tietê) e as da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03). O

OD ocorre com valores nulos em boa parte das amostras com altas CE, com valores relativamente menores (0,09 - 0,24 mg/L) também nessas amostras, e valores mais altos em amostras com baixa CE (0,28 - 3,49 mg/L), embora existam exceções à essas regras. Assim como o pH, apesar de ser mais neutro (entre 7,39 - 6,18) nas amostras com maiores CE, e mais ácido nas amostras com menores CE (entre 6,16 - 4,88), exceções também ocorrem (**Figura 48**).

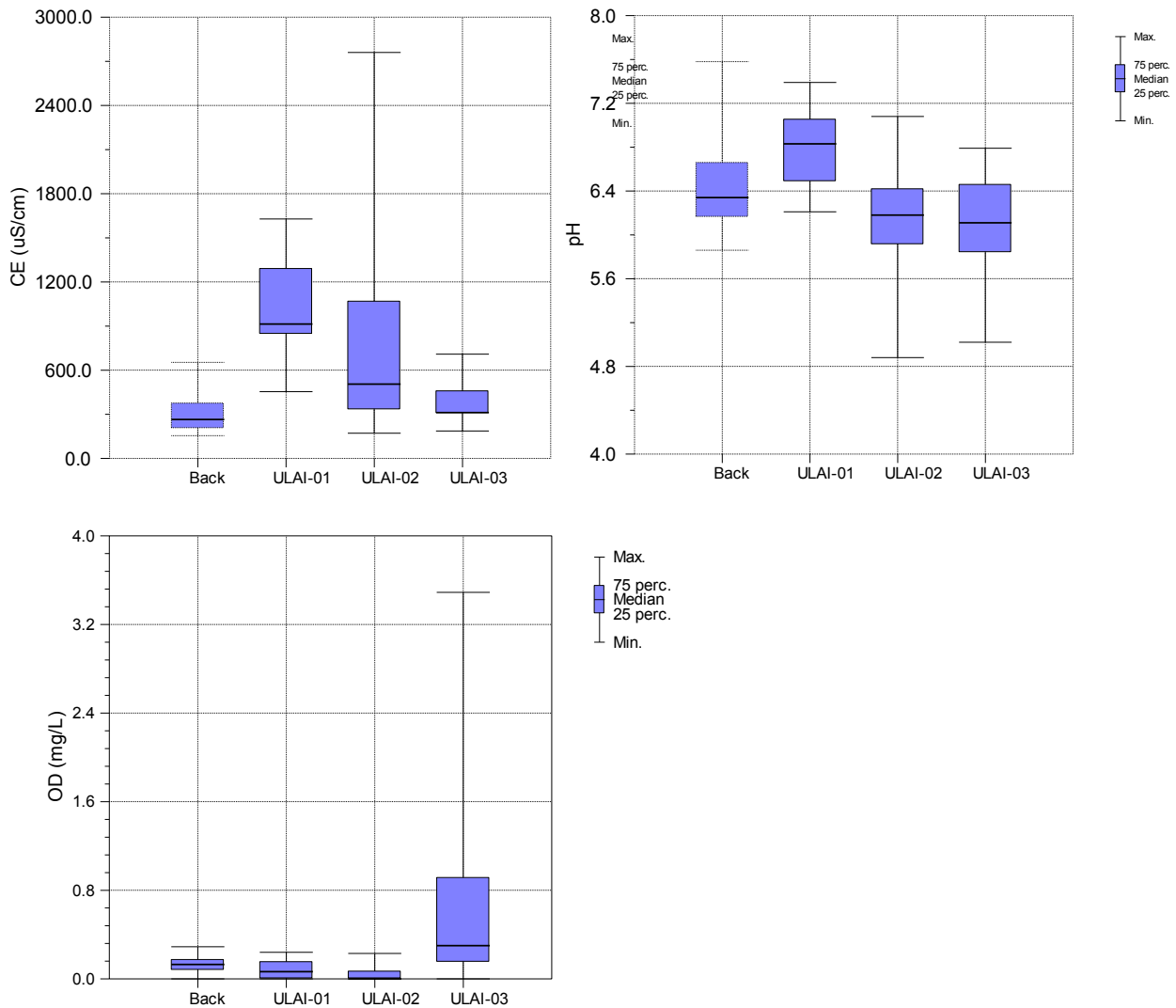


Figura 48 – Gráficos boxplot mostrando a relação da CE, pH e OD entre as amostras *background* (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03).

6.4.3 Matéria Orgânica Dissolvida (COD, DBO, DQO e Metano)

A análise desses parâmetros confirma impacto antrópico no aquífero raso. As médias e máximas concentrações de carbono orgânico dissolvido (COD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e Metano (CH₄) das amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03) *são maiores que as observadas nas amostras background* (Parque Tietê) (Tabela 6.4.3-1 e Figura 49). E entre as áreas da USP Leste, a AI-01 apresenta maior impacto, seguida pela AI-02 e pela AI-03.

As amostras com maior concentração de COD encontram-se na área AI-01, bem como nos poços instalados na AI-02 - PM-01, PMN-03, PM-04, PM-07, PM-13 e PM-14. Os poços com maiores concentrações de DBO também são aquelas na área AI-01 e os poços PMN-03, PM-07, PM-13 e PM-14, bem como alguns poços na área background (PM-23, PM-24 e PM-29). É válido lembrar que nessa região de aluvião ocorrem camadas de argila orgânica que podem estar colaborando para as concentrações de matéria orgânica dissolvida observadas.

Tabela 6.4.3-1 – Análise estatística básica dos parâmetros orgânicos.

Parâmetro		N. Am Back	Max	Min	Média A	Desvio Padrão	Perc 10	Perc 75	Perc 90
COD	mg/l	21	12.8	0.5	5.2	3.3	0.9	6.7	9.0
DBO	mg/l	21	70.7	1.5	14.4	16.7	1.5	19.6	31.4
DQO	mg/l	21	143.0	4.5	39.1	39.2	4.5	50.0	94.5
CH ₄	ug/l	21	4.8	0.0	0.6	1.1	0.0	0.7	0.8
Parâmetro		N Am USP L	Max	Min	Média A	Desvio Padrão	Perc 10	Perc 75	Perc 90
COD	mg/l	39	108.0	0.5	18.1	24.7	0.5	24.5	45.6
DBO	mg/l	39	292.9	1.0	29.2	51.8	1.5	37.9	72.1
DQO	mg/l	39	893.0	4.5	86.4	155.0	4.5	114.7	172.6
CH ₄	ug/l	39	3.4	0.0	0.7	1.0	0.0	1.6	2.2

N. Am Back – número de amostras *background*; N Am USP L – número de amostras USP Leste. Max – máximo; Min – mínimo; Média A – média aritmética; Perc 10; 75; 90 – percentil. ORP – Potencial de Óxido Redução; CE – Condutividade Elétrica; OD – Oxigênio Dissolvido.

As concentrações de DQO acompanham as de DBO, as maiores ocorrem nos poços na área AI- 01, e nos poços instalados na AI-02 - PM-01, PMN-03, PM-04, PM-07, PM-13 e PM-14, bem como alguns poços background (PM-23, PM-24, PM-25, PM-26, PM-29 e PMN-29). O metano ocorre com baixas concentrações no geral, mas com maiores concentrações relativas nos poços da área AI-01, nos poços instalados na AI-02 - PM-01, PMN-03, PM-07, PM-13, PM-14, e em alguns poços background (PM-24, PM-25, PMN-25 e PM-26).

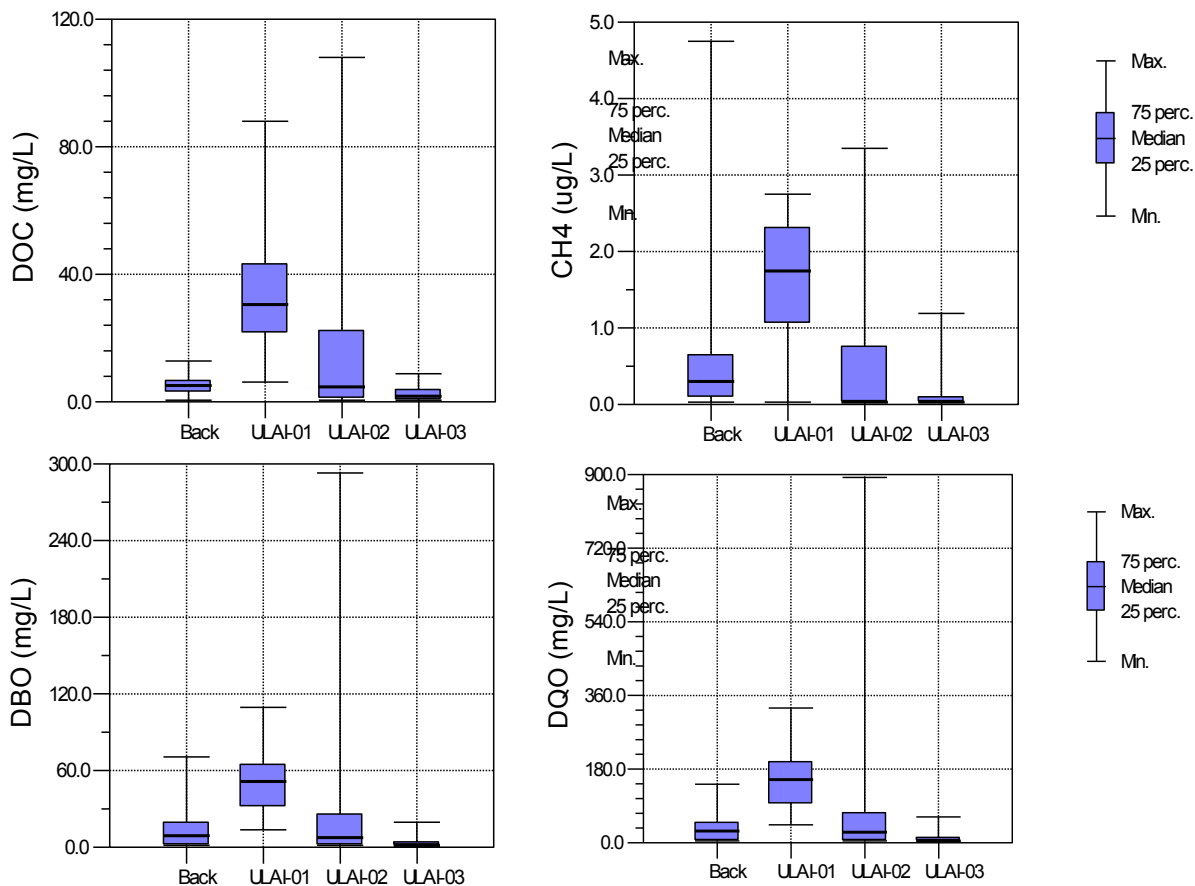


Figura 49 – Gráficos boxplot mostrando a relação dos parâmetros indicadores de matéria orgânica (MO) dissolvida entre as amostras background (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03).

Como comentado acima, a ocorrência de argila orgânica também nos poços do Parque Tietê, mostram a proporção natural de matéria orgânica dissolvida nas águas subterrâneas, e portanto, que as áreas da USP Leste (AI-01 e AI-02) possuem outras fontes de matéria orgânica, possivelmente associadas com aterros.

6.4.4 Hidroquímica das Espécies Maiores

Para o tratamento dos resultados dos cátions e ânions maiores, é necessária uma etapa prévia de checagem da qualidade dos dados através do cálculo do balanço iônico. A **Tabela 6.4.4-1** mostra as amostras que não fecharam o balanço iônico (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983), devendo seus resultados analíticos serem interpretados com cautela. No caso da amostra PM-10 II (amostra duplicata), apenas o resultado da amostra original foi utilizado (PM-10).

Tabela 6.4.4-1 – Análise do balanço iônico das amostras de água subterrânea com erros acima do limite do erro admissível.

Poço	CE uS/cm	Erro Admi %	BI %	Razão - razão mais provável
PM-03	1069.00	8 < E < 4	-50.73	altas [HCO ₃] e SO ₄
PMN-06	366.33	10 < E < 8	72.62	altas [Ca]; baixas [HCO ₃]
PM-07	2760.00	< 4	86.7	altas [K] e [Na]; baixas [HCO ₃]
PMN-10 II	311.33	10 < E < 8	19.52	baixas [HCO ₃]; altas [cátions maiores]; (não utilizado)
PM-16	709.00	8 < E < 4	28.83	altas [Ca]; baixas [HCO ₃]
PMN-17	306.67	10 < E < 8	65.34	altas [Na]; baixas [HCO ₃]
PMN-25	348.00	10 < E < 8	-20.98	altas [HCO ₃] e [Cl]; baixas [Cátions maiores]
PM-27	232.00	< 10	60.86	altas [Na]; baixas [HCO ₃]; (não utilizado)
AI1PM-01	861.00	8 < E < 4	-18.3	altas [HCO ₃]
AI1PM-39 II	711.67	8 < E < 4	46.28	altas [Na]; baixas [HCO ₃]; (não utilizado)

CE – condutividade elétrica; Erro Admi – erro admissível; BI – erro do balanço iônico. HCO₃ - bicarbonato; SO₄ - sulfato; Cl - cloreto; Ca - cálcio; K - potássio; Na – sódio.

Algumas outras amostras, principalmente aquelas coletadas na área da AI-01 da USP Leste, apresentaram erros de balanço iônico pouco acima do permitido (**Tabela 6.4.4-2**), devido principalmente às maiores concentrações relativas do ânion bicarbonato (HCO₃).

A determinação da alcalinidade em águas impactadas por lixiviados é dificultada pela presença de substâncias orgânicas (CHRISTENSEN et al., 2001). Tais erros podem estar associados à essa dificuldade e portanto, os seus resultados foram considerados nas interpretações.

Através dos diagramas de Piper (**Figura 50**), é possível definir algumas diferenças composicionais entre as amostras *background* e as amostras coletadas na USP Leste.

As amostras *background* dos poços mais profundos (PMN-21, PMN-22, PMN-26, PMN-27 e PMN-30) são preferencialmente bicarbonatadas cálcicas-sódicas e bicarbonatadas sódicas-cálcicas (PMN-23, PMN-24), e algumas apresentam cloreto (PMN-25, PMN-28 e PMN-29) e magnésio (PMN-28 e PMN-29). Enquanto as amostras mais rasas são preferencialmente bicarbonatadas amoniacadas cloretadas sódicas (PM-22, PM-23, PM-24 e PM-25), secundariamente bicarbonatadas cloretadas sódicas (PM-26 e PM-27) e sódicas-cálcicas (PM-29 e PM-30), e apenas duas são bicarbonatadas sódica (PM-28) e cálcica-sódica (PM-21).

Tabela 6.4.4-2 – Análise do balanço iônico das amostras de água subterrânea com erros próximos do limite do erro admissível.

Poço	Cond uS/cm	Erro Admi %	BI %	Razão - razão mais provável
PMN-04	209.00	< 10	-12.51	altas [SO4]
PM-09	303.00	10 < E < 8	12.28	altas [Ca]; baixas [HCO3]
PMN-11	243.33	10 < E < 8	-12.6	baixas [Cátions maiores]
PM-23	388.67	10 < E < 8	-13.51	altas [HCO3]
PM-24	389.00	10 < E < 8	-11.98	baixas [Ca]; altas [HCO3]
PM-25	653.00	8 < E < 4	-10.59	altas [HCO3, Cl]; baixas [Ca, Mg, K]
PM-27 II	232.00	< 10	12.38	altas [Na]
PMN-30	279.33	10 < E < 8	-13.54	altas [HCO3]
AI1PM-04	1444.67	8 < E < 4	-13.11	altas [HCO3]
AI1PM-06	949.00	8 < E < 4	-8.94	altas [HCO3]
AI1PM-17	838.00	8 < E < 4	-14.19	altas [HCO3]
AI1PM-27	1050.67	8 < E < 4	-15.07	altas [HCO3]
AI1PM-27 II	878.00	8 < E < 4	-17.58	altas [HCO3]; não utilizada
AI1PM-38	1628.00	8 < E < 4	-11.49	altas [HCO3]
AI1PM-39	1371.33	8 < E < 4	-15.95	altas [HCO3]

CE – condutividade elétrica; Erro Admi – erro admissível; BI – erro do balanço iônico. HCO3 - bicarbonato; SO4 - sulfato; Cl - cloreto; Ca - cálcio; Mg - magnésio; K - potássio; Na – sódio.

A composição das águas dos poços mais profundos (PMN) tende a ser mais próxima da hidroquímica natural da região, enquanto que as mais rasas já apresentam algum impacto da superfície, devido à proximidade do nível de água subterrânea ao terreno (0,82 e 1,48 m nos poços rasos e entre 1,1 e 2,5 m nos poços mais profundos), como a presença de cloreto e amônio. Em geral, não se observa concentrações de sulfato como em algumas amostras da USP Leste.

As amostras da USP Leste apresentam grande variação composicional. As amostras da AI-01 são preferencialmente bicarbonatadas amoniacadas (AI1PM-04, AI1PM-17), bicarbonatadas amoniacadas cálcicas (AI1PM-01, AI1PM-27) ou sódicas cloretadas (AI1PM-15), esses grupos são os que possuem maior teor de matéria orgânica dissolvida. Outras têm composição apenas bicarbonatada cálcica (AI1PM-06) ou cálcio-magnésiana (AI1PM-38).

Já as amostras da AI-02, aquelas com maior teor de matéria orgânica dissolvida, dividem-se em dois principais grupos: 1 - as bicarbonatadas sulfatadas (PM-03), bicarbonatadas sulfatadas sódicas (PMN-01), bicarbonatadas sulfatadas cálcicas (PM-04, PM-16), bicarbonatadas sulfatadas sódicas-cálcicas (PMN-04), e cálcio-

magnesianas (PM-06); e 2 - as bicarbonatadas amoniacadas cloretadas (PMN-03), bicarbonatadas amoniacadas cálcicas (PM-13), bicarbonatadas sulfatadas amoniacadas sódicas-cálcicas (PM-14), amoniacadas sódica- potássica-magnesiana (PM-07) e bicarbonatadas sulfatadas sódicas-cálcicas (PMN-14). As outras amostras da AI-02 são bicarbonatadas sulfatadas (PM-05, PM-08 e PMN-08).

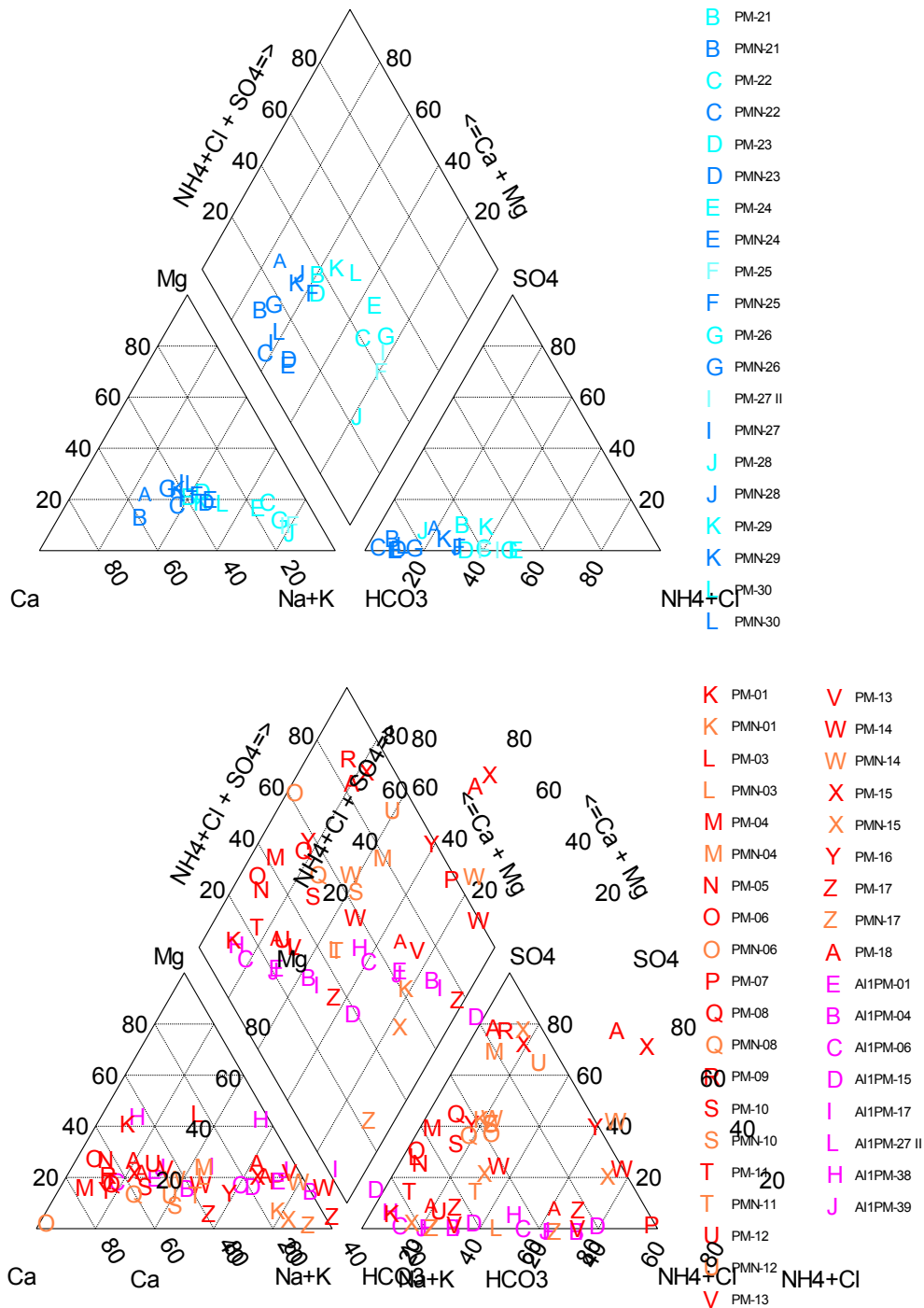


Figura 50 – Diagramas de Piper para as amostras background (tons de azul) e para as amostras da USP Leste (AI-02 e AI-03: vermelho e laranja; AI-01: rosa).

Através da análise estatística simples desses parâmetros, também podemos diferenciar melhor as classes de água entre as amostras *background* e as da USP Leste, e entre as áreas (AI-01, AI-02 e AI-03) da USP Leste (**Tabela 6.4.4-3 e Figura 51**).

A média dos teores dos íons sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), bicarbonato (HCO₃), sulfato (SO₄), amônio (NH₄), nitrogênio orgânico (Norg) e nitrogênio kjeldhal (N- kjeldhal) são maiores nas águas da USP Leste se comparados às amostras *background*.

Entre as áreas da USP Leste, os maiores teores destes íons ocorrem em geral na AI-01, seguida pelas áreas AI-02 e AI-03 (**Tabela 6.4.4-3 e Figura 51**). Esse padrão confirma a ocorrência de impacto na qualidade das águas da USP Leste.

O cloreto (Cl) repete esse padrão, no entanto, as amostras *background* rasas também apresentam consideráveis teores desse ânion, devido à proximidade do nível de água do terreno, não sendo ele um bom indicador de impacto para as amostras da USP Leste.

Tabela 6.4.4-3 – Análise estatística básica dos cátions e ânions maiores.

Parâmetro	Unidade	Localização	Max	Min	Média A	Desvio Padrão	Perc 10	Perc 75	Perc 90
Ca	mg/l	Background	16.9	2.5	8.6	4.0	3.6	10.9	12.7
		USP Leste	395.1	4.4	63.6	84.9	11.5	63.7	143.0
Mg	mg/l	Background	5.5	1.7	3.2	1.1	1.9	4.0	4.5
		USP Leste	94.5	1.2	15.6	21.0	2.8	15.8	39.7
K	mg/l	Background	8.6	0.8	3.5	2.1	1.4	4.2	6.1
		USP Leste	148.6	1.3	15.0	25.2	3.5	14.6	26.1
Na	mg/l	Background	94.3	6.3	18.8	21.5	7.0	16.7	32.2
		USP Leste	262.2	5.5	35.6	53.9	8.6	28.2	57.8
HCO ₃	mg/l	Background	290.6	32.9	98.8	69.1	45.9	115.1	159.6
		USP Leste	1122.1	9.1	278.0	298.4	24.0	420.5	735.9
Cl	mg/l	Background	55.8	1.2	17.8	14.7	3.8	22.7	34.8
		USP Leste	74.0	5.2	23.1	15.8	8.1	28.9	44.1
SO ₄	mg/l	Background	21.3	0.0	3.0	6.0	0.0	2.3	7.4
		USP Leste	346.4	0.0	57.1	70.8	0.1	63.0	138.2
S	ug/l	Background	109.0	2.5	36.3	43.2	2.5	71.8	107.0
		USP Leste	221.0	2.5	11.9	37.4	2.5	2.5	20.0
F	mg/l	Background	1.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.6	0.9
		USP Leste	3.3	0.0	0.7	0.8	0.1	0.8	1.7
PO ₄	mg/l	Background	3.4	0.0	0.8	1.0	0.1	1.0	1.8
		USP Leste	3.2	0.0	0.4	0.5	0.1	0.3	0.5
NO ₃	mg/l	Background	17.8	0.0	1.1	4.0	0.0	0.2	0.8
		USP Leste	14.0	0.0	1.9	3.8	0.0	0.9	7.0
NO ₂	mg/l	Background	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		USP Leste	6.0	0.0	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0

Parâmetro	Unidade	Localização	Max	Min	Média A	Desvio Padrão	Perc 10	Perc 75	Perc 90
NH ₄	mg/l	Background	31.5	0.2	4.4	7.5	0.3	4.5	11.5
		USP Leste	122.0	0.0	16.1	28.5	0.1	19.2	45.3
N-Kjeldahl	mg/l	Background	31.5	1.9	5.9	7.2	1.9	5.6	13.0
		USP Leste	184.1	0.2	20.2	36.7	0.8	24.7	53.7
Norg	mg/l	Background	172.0	0.0	10.0	38.1	0.8	2.0	2.2
		USP Leste	62.1	0.1	4.1	10.2	0.7	3.5	6.6

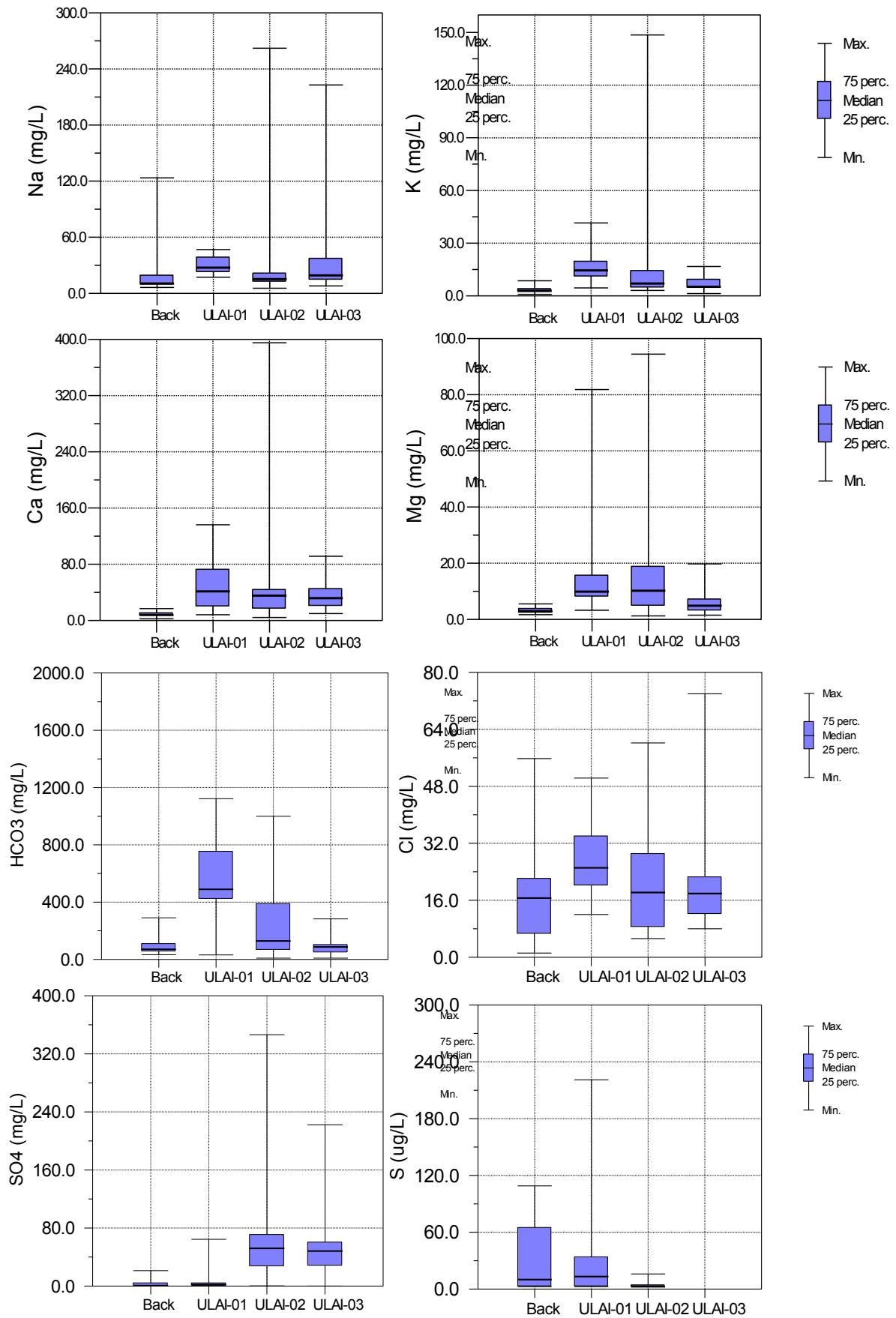
Max – máximo; Min – mínimo; Média A – média aritmética; Perc 10; 75; 90 – percentil. Ca - cálcio; Mg - magnésio; K - potássio; Na – sódio; HCO₃ - bicarbonato; Cl - cloreto; SO₄ - sulfato; S - sulfeto; F - fluoreto; PO₄ - fosfato; NO₃ - nitrato; NO₂ - nitrito; NH₄ - amônio; N-kjeldhal - nitrogênio kjeldhal; Norg - nitrogênio orgânico.

O nitrato (NO₃) ocorre com altas concentrações apenas na AI-03 da USP Leste, onde o potencial de oxi-redução é predominantemente oxidante, indicando uma fonte de contaminação diferente das encontradas nas áreas AI-01 e AI-02, onde o NH₄, Norg e o N-kjeldhal predominam. Essa condição evidencia a transformação do nitrogênio orgânico para o nitrogênio amoniacal que ainda não sofreu nitrificação completa para sua forma mais oxidada (nitrato) nas áreas AI-01 e AI-02.

Quanto ao sulfato (SO₄), ocorre em maiores concentrações nas áreas AI-02 e AI-03, em contra-posição com o sulfeto (S), que ocorre com maiores teores nas amostras background, provavelmente de origem natural no aquífero; e na área AI-01, onde pode estar sendo reduzido do sulfato. Ambas as áreas possuem potencial de oxi-redução redutor. O sulfato, assim como as altas concentrações de bicarbonato, cálcio e bário, podem ser advindos da intemperização de entulhos da construção civil. O bicarbonato também pode ser formado na degradação da matéria orgânica (metanogênese).

As amostras com os maiores teores de NH₄, Norg e o N-kjeldhal encontram-se nas águas do PM-07, bem como os maiores teores de Na e K, sendo considerado o centro da pluma de contaminação na AI-02. Seguido pelo AI-01PM-04, centro da pluma da AI-01. Outros poços que também possuem a qualidade da água impactada, como já citado nos itens acima, são AI- 01PM-17, PM-14, AI-01PM-39, AI-01PM-27, PM-13, AI-01PM-01, PMN-03, PM-01, AI-01PM-38.

O poço PM-25, apesar de estar entre as amostras background, também apresenta alteração em sua qualidade, provavelmente devido à expansão da pluma a montante na AI-01.



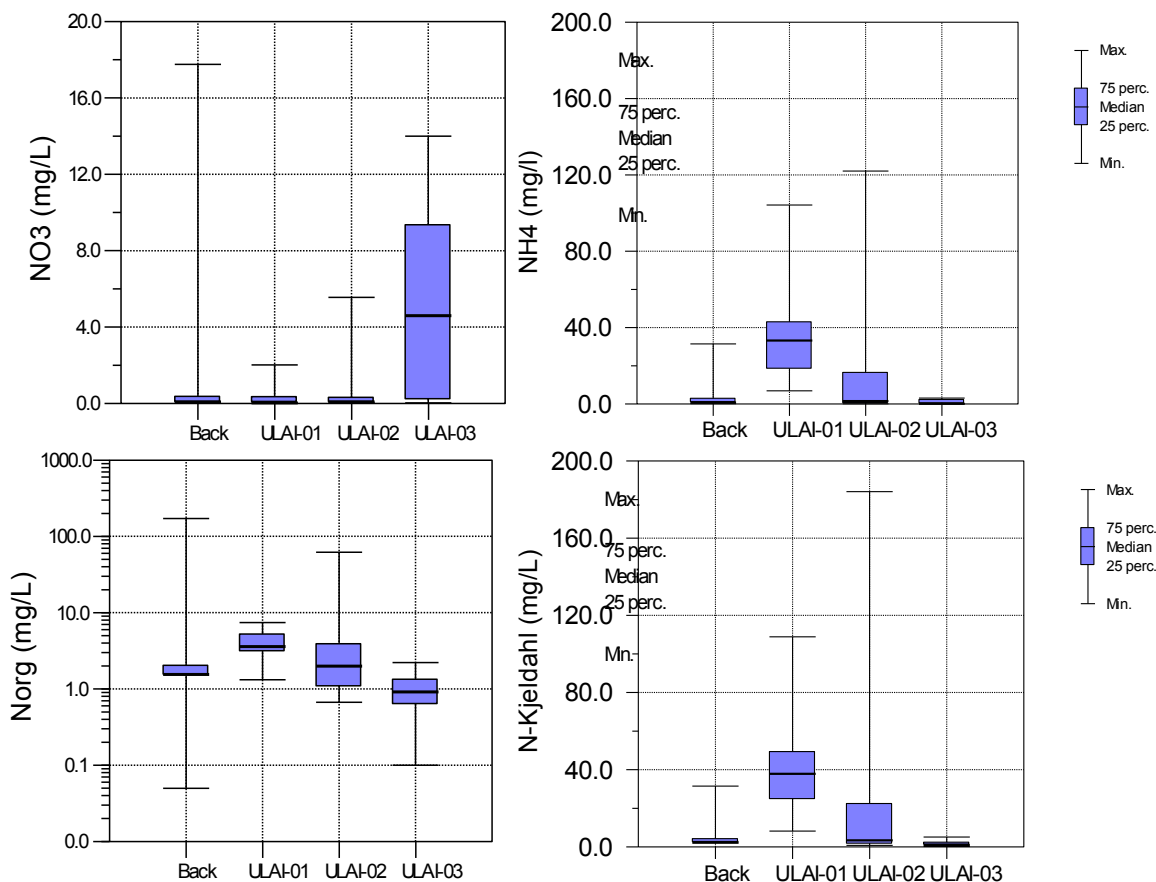


Figura 51 – Gráficos boxplot mostrando a relação dos íons maiores (Na, K, Ca, Mg, HCO₃, Cl, SO₄, S, NO₃, NH₄, Norg e o N-kjeldahl) entre as amostras background (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03).

6.4.5 Metais

Alguns metais não foram detectados em nenhuma das amostras (USP Leste e Parque Tietê), não sendo utilizados nas interpretações: Sb, As, Cd, Cr₆₊, Hg, Mo, Ag, Se, V, Be e Ta.

Dentre os resultados analíticos de água subterrânea para metais, algumas amostras das áreas internas à USP Leste (AI-01 e AI-02 / 03) apresentaram concentrações acima dos valores de intervenção (CETESB, 2014 e USEPA, 2015) (**Tabela 6.4.5-1 e Figura 52**). Os metais ferro e manganês também foram detectados acima dos limites de intervenção em algumas amostras do Parque Tietê (*background*).

Como citado anteriormente, os metais traço podem ter grandes *ranges* de concentração nos solos, com diferenças de duas a três ordens de magnitude. O

mesmo pode ocorrer na água subterrânea, como mostram os dados. Mesmo o ferro e o manganês que são metais mais comuns, foram detectados tanto com concentrações abaixo do limite de quantificação, como com valores bem acima do limite de intervenção (USEPA, 2015). A CETESB não possui padrão de comparação para alumínio, ferro e manganês.

Tabela 6.4.5-1 – Ocorrências de metais com concentrações acima dos valores de intervenção nas amostras das áreas investigadas.

Valor Intervenção CETESB (2014)	Amostras
Bário	PM-01 (UD-20), PM-07 (UD-15) , PM-12 (UD-16), PM-13 (UD-18), PMN-25 (UD-16)
Chumbo	PMN-03 (UD-19)
Cobalto	PM-12 (UD-16)
Valor Intervenção USEPA (2015)	Amostras
Cobalto	PM-04 (UD-14) , PM-07 (UD-15) , PMN-11 (UD-05), PM-13 (UD-18), PM-14 (UD-17) , PM-16 (UD-01) , PMN-25 (UD-16)
Ferro	PM-01 (UD-20), PMN-03 (UD-19), PM-05 (UD-11), PM-11 (UD-05), PM-12 / PMN-12 (UD-16), PM-13 (UD-18), PM-14 / PMN-14 (UD-17), PMN-17 (UD-17), AI-01 PM-01, AI-01 PM-15, AI-01 PM-17, AI-01 PM-27, AI-01 PM-27A, AI-01 PM-39, AI-01 PM-39A, PM-21 , PM-22 , PM-23 , PM-24 , PM-25 , PMN-25 , PMN-26 , PM-27 , PMN-27 , PMN-28 , PM-29 , PMN-29 , PM-30 , PMN-30
Manganês	PM-01 (UD-20) , PM-03 / PMN-03 (UD-19) , PM-04 / PMN-04 (UD-14) , PM-05 (UD-11) , PM-06 / PMN-06 (UD-12) , PM-07 (UD-15) , PMN-08 (UD-13) , PM-10 / PMN-10 (UD-08) , PMN-11 (UD-05) , PM-12 / PMN-12 (UD-16) , PM-13 (UD-18) , PM-14 / PMN-14 (UD-17) , PMN-17 (UD-17) , PM-18 (UD-20) , AI-01 PM-15 , PM-21 , PMN-21 , PM-22 , PMN-22 , PM-23 , PM-24 , PMN-24 , PM-25 , PMN-25 , PMN-26 , PM-27 , PM-28 , PMN-28 , PM-29 , PMN-29 , PM-30 , PMN-30

Amostras em laranja pertencem às áreas internas da USP Leste e as em azul pertencem ao Parque Tietê.

A média dos teores de ferro são maiores nas águas da USP Leste (AI-01 e AI-02) se comparados às amostras *background*; e entre as áreas da USP Leste, a AI-02 possui maiores concentrações que a AI-01, enquanto a AI-03 possui concentrações inferiores inclusive que as amostras *background* (**Figura 52**). Isso demonstra tanto a variação composicional natural, quanto influência antrópica, principalmente na AI-02. Quanto ao manganês, as amostras *background* também apresentaram



concentrações acima do padrão de intervenção USEPA, e a AI-02 concentrações bem acima das observadas nas águas *background* e nas áreas AI-01 e AI-03 (**Figura 52**), confirmando que além da ocorrência natural, esses metais também ocorrem por influência antrópica. O alumínio não ocorre com concentrações acima do padrão, com maiores teores apenas na AI-01.

Quanto ao bário e cobalto, concentrações acima das encontradas nas amostras *background* ocorrem apenas na AI-02. Quanto ao chumbo, a única anomalia detectada no PMN-03, apesar deste apresentar alteração em sua qualidade, deve ser verificada em outra campanha de amostragem com contra-prova e branco de campo, pois muitas vezes há problemas de filtração ou contaminação pelo próprio ar.

Os poços que possuem anomalias de bário, chumbo e cobalto são aqueles já apontados com impacto antrópico anteriormente - PM-01, PMN-03, PM-07, PM-13 e PMN-25. O PM-12 possui uma leve alteração de qualidade, podendo ser as anomalias de bário e cobalto provenientes da expansão da pluma do PM-13 e PM-07. As anomalias de cobalto e bário no PM-25 devem muito provavelmente ser devido à expansão de pluma a montante, já que sua qualidade encontra-se alterada em comparação com os outros poços do Parque Tietê.

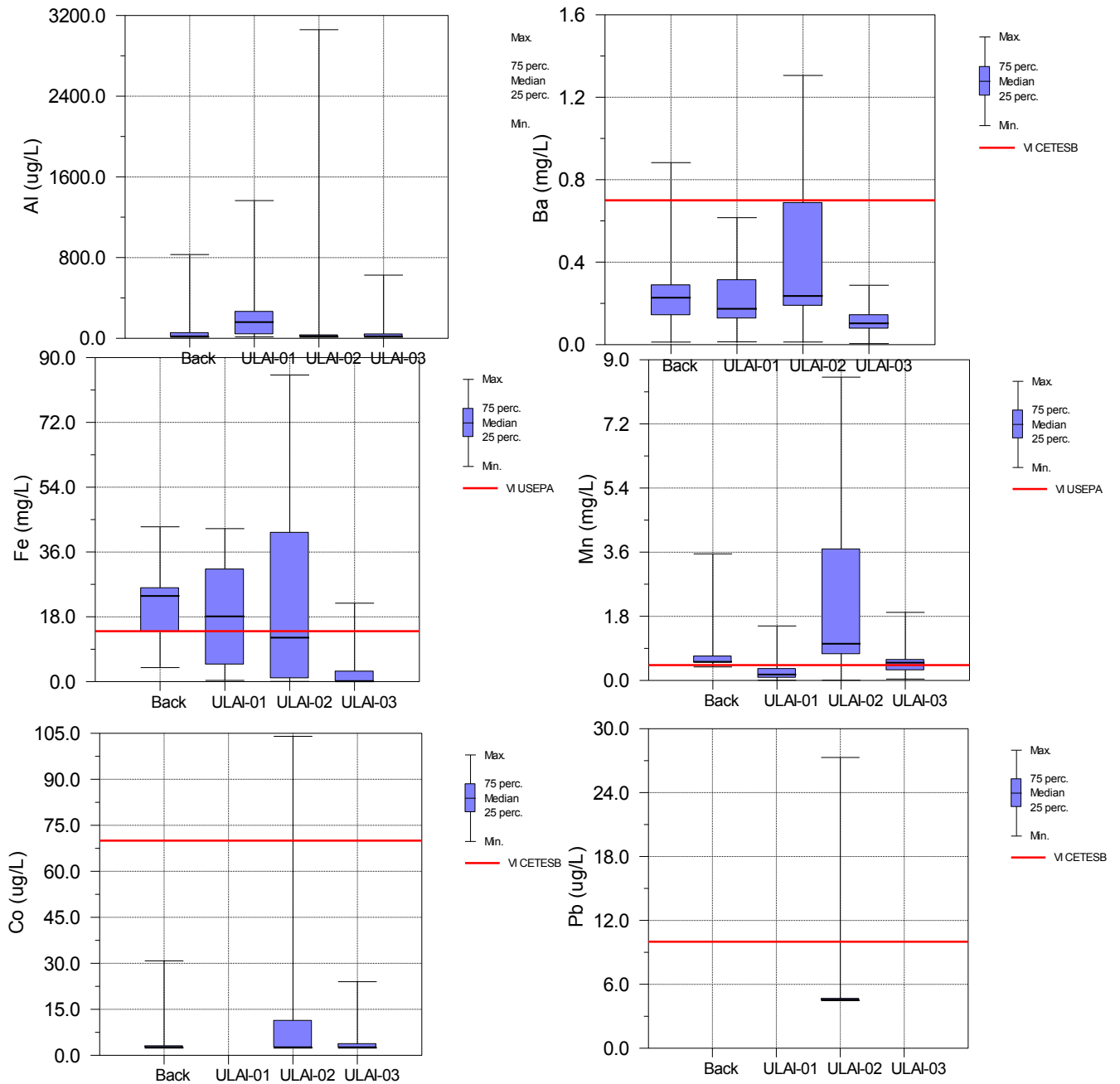


Figura 52 – Gráficos boxplot mostrando a relação dos metais entre as amostras *background* (Parque Tietê) e as amostras da USP Leste (AI-01, AI-02 e AI-03).



6.5 Modelagem Geoquímica

Uma vez interpretados os dados e pré-elaborado o modelo conceitual, a conceitualização prévia de quais reações e processos físico-químicos e químicos estão ocorrendo e aqueles que mais interferem no sistema avaliado, inicia-se a inserção dos dados para modelagem geoquímica, selecionando-se quais compostos, bem como que tipos de reações, ou outros processos que devem ser simulados/incluídos no modelo.

O objetivo da modelagem geoquímica, nesse caso, é o de melhorar a compreensão sobre a composição química das águas subterrâneas naturais (*background*), bem como a das águas impactadas, buscando entender como a contaminação está afetando a hidrogeoquímica do aquífero e quais processos geoquímicos estão ocorrendo.

Dentre os modelos geoquímicos existentes, será utilizado o Modelo de Especiaçãoção que calcula distribuição de espécies químicas e índices de saturação dos minerais associados, por meio do software PhreeqC (Parkhurst & Appelo, 1999), utilizando o banco de dados do PhreeqC para a maioria dos analitos, e o banco de dados LLNL para o cobalto. Essa modelagem permitiu a determinação de índices de saturação de espécies químicas associadas a Fe, Mn, Al, Ba e Co, a determinação do pE com base nos pares redox (CH₄/HCO₃, SO₄/S, NH₄/NO₃), e a especiaçãoção química do nitrogênio amoniacal, bário e cobalto. Os dados de entrada para a modelagem geoquímica estão apresentados no **ANEXO XVII**. E a **Tabela 6.5.2-1** mostra a consolidação dos resultados da modelagem para os poços que apresentaram anomalias das espécies analisadas nesse estudo, citadas ao longo do **Item 6.2**.

6.5.1 Síntese do Modelo Hidrogeoquímico Conceitual

Os principais processos geoquímicos que controlam o comportamento dos íons dissolvidos nas águas subterrâneas impactadas por lixiviados de aterros são diluição e dispersão, formação de complexos orgânicos e inorgânicos, reações redox, troca iônica e precipitação / dissolução (ALVES, 2012). Processos de complexação com matéria orgânica aumentam a mobilidade dos íons, bem como a dissolução de sólidos do substrato geológico aumenta suas concentrações (CHRISTENSEN et al., 2001).

1) Ações Antropogênicas – Infiltração de substâncias do Aterro

A principal ação antropogênica verificada é a ocorrência de aterro que apresenta entulho de construção civil, madeiras e raízes. A composição do aterro disposto entre os anos de 2011 e 2012 em quase a totalidade da área AI-02 é de origem desconhecida.

Como citado na caracterização hidroquímica, os parâmetros detectados nas amostras de água subterrânea indicam a existência de impacto da qualidade natural das águas da USP Leste, principalmente nas áreas AI-01 e AI-02.

As concentrações naturais de matéria orgânica dissolvida no Parque Tietê demonstram que as áreas da USP Leste (AI-01 e AI-02) possuem outras fontes de matéria orgânica além da presença da argila orgânica, provavelmente associadas a aterros

A qualidade da água subterrânea na área AI-03 não está impactada. Geoquimicamente é uma zona aeróbia, com altas concentrações relativas de oxigênio dissolvido e presença de nitrato abaixo do valor de intervenção (45 mg/L).

O potencial de oxi-redução mais redutor, a maior condutividade elétrica e as maiores concentrações de NH₄, Norg, N-kjeldhal, Na e K nas águas do PM-07, instalado totalmente no aterro da AI-02, demonstram que há contaminação antrópica nessa área, assim como as altas concentrações de DOC, DBO, DQO, CH₄, Na, K, Ca, Mg, HCO₃, S, NH₄, Norg e o N-kjeldhal observadas nos poços da AI-01.

Através desses parâmetros é possível observar também uma diferenciação entre os estágios de maturidade da contaminação nessas áreas (AI-01 e AI-02). Considerando os ambientes redox (oxi-redução) que podem ser identificados em um aterro de resíduos sólidos (CHRISTENSEN et al., 2001), e que essas fases não ocorrem individualmente no tempo e no espaço, sendo comum a ocorrência de mais de um processo redox simultaneamente (BJERG et al., 1995), a AI-02 encontra-se numa fase mais acidogênica do que metanogênica. Na fase acidogênica ocorre o desaparecimento do oxigênio, o nitrogênio tende a passar para a forma amoniacal, a presença dos ácidos orgânicos (ácido acético por exemplo) reduz o pH e eleva os valores de DBO e DQO, metais pesados e outras substâncias inorgânicas passam para a fase dissolvida devido ao baixo pH (ALVES & BERTOLO, 2012). Enquanto a AI-01 se encontra em uma fase mais metanogênica, onde o

metano e dióxido de carbono são produzidos a partir do ácido acético e hidrogênio, o nitrogênio dissolvido continua a formar nitrogênio amoniacal, e o pH aumenta precipitando os metais pesados que estavam dissolvidos na fase anterior (acidogênica) (ALVES & BERTOLO, 2012).

2) Oxidação da matéria orgânica: $\text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2 \Leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

O processo de oxidação da matéria orgânica libera elétrons tornando o ambiente do aquífero redutor. Além disso, também aumenta a acidez pela liberação de íons H^+ num primeiro momento.

3) pH baixo tamponado pela alcalinidade: $\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \Leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$

Os íons H^+ começam a interagir com os minerais do substrato geológico que podem conter carbonato de cálcio e aumentar a concentração dos íons bicarbonato e cálcio na água subterrânea.

4) Oxidação anaeróbia: Ácidos graxos + $\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{H}_2, \text{CH}_3\text{COO}^-$

Em ambiente redutor, a matéria orgânica é oxidada pelas bactérias acidogênicas que se alimentam dos produtos do metabolismo das bactérias aeróbias formando ácidos carboxílicos (CH_3COO^-), hidrogênio e gás carbônico.

5) Amonificação: $\text{Norg} \Leftrightarrow \text{NH}_4^+$; aminoácidos + $\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{NH}_4 +$ compostos orgânicos

Num segundo momento, os elétrons e os íons H^+ liberados pela degradação da matéria orgânica reagem com o nitrogênio orgânico gerando NH_4^+ .

6) Redução do ferro (Fe^{3+}): $\text{CH}_2\text{O} + 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{H}^+ \Leftrightarrow \text{CO}^2 + 4\text{Fe}^{2+} + 11\text{H}_2\text{O}$

Num segundo momento, os elétrons e os íons H^+ liberados liberados pela degradação da matéria orgânica reagem com o ferro dos minerais do substrato geológico, reduzindo-o e liberando-o para a solução.

7) Redução do manganês (Mn^{4+} e Mn^{3+}): $\text{CH}_2\text{O} + 2\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ \Leftrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$

Num segundo momento, os elétrons e os íons H^+ liberados reagem com o manganês dos minerais do substrato geológico, reduzindo-o e liberando-o para a solução.

A degradação da matéria orgânica diminuindo o potencial redox do aquífero leva à dissolução de óxidos de Fe/Mn, aumentando sua concentração na solução, bem como a de metais associados como o Ba e o Co.

8) Redução do sulfato (SO_4^{2-}): $2CH_2O + SO_4^{2-} + H^+ \Leftrightarrow 2CO_2 + HS^- + 2H_2O$

Num segundo momento, os elétrons e os íons H^+ liberados pela degradação da matéria orgânica reagem com o sulfato reduzindo-o.

As reações de redução por sua vez, consomem a acidez, elevando o pH da água.

9) Metanogênese/Mineralização fermentativa da Matéria Orgânica:



O metano e dióxido de carbono são produzidos a partir do ácido acético e hidrogênio, o nitrogênio dissolvido continua a formar nitrogênio amoniacal, e o pH aumenta precipitando os metais pesados que estavam dissolvidos

10) Dissolução / Precipitação de Minerais

Como será demonstrado pelos cálculos dos índices de saturação (IS) no **Item 6.5.2**, reações de dissolução e precipitação de minerais estão ocorrendo e controlando as concentrações dos íons na solução. A atenuação dos metais pesados por precipitação ocorre principalmente em sulfetos e carbonatos, ainda que fosfatos e hidróxidos possam contribuir para a redução da solubilidade (CHRISTENSEN et al., 2001).

11) Adsorção / Troca iônica

Os fenômenos de adsorção e troca iônica desempenham um papel importante no controle da composição química das águas nos aquíferos. A presença de material adsorvente como argilominerais, matéria orgânica e óxihidróxidos de Fe, aumenta a capacidade de troca catiônica (CTC) do substrato geológico que adsorve os cátions livres. A adsorção do metal dissolvido aumenta com o aumento do pH para os



cátions metálicos, e o contrário ocorre com os ânions metálicos (CHRISTENSEN et al., 2001).

O potássio possui alta afinidade por troca iônica, podendo ser adsorvido irreversivelmente em argilominerais. O sódio é menos adsorvido, permanecendo em solução. O cálcio possui alta afinidade por sítios de adsorção, mas com elevadas concentrações é encontrado movendo-se junto com a frente da pluma. O magnésio é geoquimicamente muito semelhante ao cálcio. O amônio tem grande afinidade por sítios de adsorção, sendo sua mobilidade fortemente influenciada por reações de troca catiônica, mas também rapidamente atenuado em ambientes oxidantes por reações de nitrificação. O ferro e o manganês são controlados por processos redox, troca catiônica, precipitação de sulfetos e carbonatos, além da complexação com carbono orgânico dissolvido (ALVES, 2012). O bário disponível na forma dissolvida (Ba^{2+}) é controlado por reações de troca iônica e adsorção, sendo fortemente adsorvido em argilas e óxido-hidróxidos de Fe e Mn (KABATA-PENDIAS, 2001). Sob condições redutoras o bário adsorvido em óxidos de manganês pode ser liberado para a solução (SELIM & KINGERY, 2003). O cobalto é relativamente móvel em ambientes ácidos e oxidantes, mas devido à alta sorção pelos óxidos de Fe e Mn, bem como das argilas, esse metal não migra para a fase solúvel, podendo ocorrer na fração coloidal (entre 0,001 e 0,45 μm). Os óxidos de ferro são conhecidos por ter grande afinidade para adsorção seletiva de Co, no entanto, em solos enriquecidos com minerais de Mn, a associação de Co e Mn domina outros fatores que governam sua distribuição. Essa sorção do Co por óxidos de Mn aumenta consideravelmente com o pH (KABATA-PENDIAS, 2001).

6.5.2 Cálculo do IS através da Modelagem Geoquímica

O desenvolvimento de um modelo conceitual é enriquecido pelo cálculo do índice de saturação (IS) de minerais com o objetivo de identificar minerais reativos, ou seja, aqueles que estão em equilíbrio com a água ($IS = 0$) e provavelmente estão limitando as concentrações de apenas um de seus componentes. Cada fase mineral reativa limita a concentração de apenas um íon em solução. Quando o índice de saturação de um mineral é igual a 0 ($IS = 0$), significa que provavelmente está presente no aquífero e afetando a composição química da solução, seja precipitando ou dissolvendo. Quando o $IS < 0$, significa que a água está insaturada em relação aquele mineral e se ele estiver presente no aquífero, deveria dissolver até entrar em equilíbrio com a solução. Se um mineral considerado reativo, de rápida cinética



química, estiver insaturado com relação à solução, provavelmente ele não está presente no aquífero. E se o $IS > 0$, significa que a água está supersaturada em relação ao mineral, sendo que a supersaturação não equivale a automática precipitação, depende da cinética de precipitação de cada mineral (DEUTSCH, 1997).

Devido às incertezas inerentes no cálculo do IS, como acuracidade de análises químicas, constante de equilíbrio mineral e métodos de cálculo de coeficiente de atividade dos íons, um intervalo de valores próximos à zero é considerado como zona de equilíbrio para cada mineral. Normalmente se usa $SI = 0 \pm 0,5$ e $0 \pm (5\% \text{ do } \log K_{\text{mineral}})$ (PACES, 1975 apud DEUTSCH, 1997). A segunda premissa foi utilizada nesse estudo, sendo os minerais em equilíbrio ressaltados em azul na **Tabela 6.5.2-1**.

A **Tabela 6.5.2-1** também mostra os potenciais redox de cada amostra. O primeiro pE calculado com base no ORP medido em campo, seguido pelos calculados com base nos pares redox (CH_4/HCO_3 , SO_4/S , NH_4/NO_3). Observa-se que o pE inicialmente calculado é maior que os calculados com base nos pares redox (CH_4/HCO_3 , SO_4/S) e menor que o calculado pelo par (NH_4/NO_3). Os valores calculados pelos pares (CH_4/HCO_3 , SO_4/S) são mais próximos daqueles medidos em campo e mostram um ambiente predominantemente redutor nas amostras analisadas.

Em relação à distribuição dos elementos, pode-se notar a predominância do HCO_3 e CO_2 em relação ao CH_4 , indicando que as amostras ainda não se encontram na fase de metanogênese com anteriormente comentado. As concentrações de metano detectadas são ainda incipientes.

Em relação ao par SO_4/S , fica clara a predominância do sulfato em relação à espécie reduzida (HS^-) e portanto, a fase de redução do sulfato também não está ocorrendo ainda, com exceção dos poços AIPM-01, AI1PM-17 e PMN-27. As águas dos poços background PM-23, PM-24, PM-25 e PM-26 chamam atenção por apresentam concentrações próximas entre as espécies oxidadas e reduzidas, indicando que este é um processo também natural, que ocorre da degradação da matéria orgânica presente nas argilas orgânicas do substrato geológico.

Quanto ao par NH_4/NO_3 , fica também evidente a predominância do NH_4 em relação ao NO_3 , tanto as da USP Leste, quanto as background analisadas, com exceção das amostras PM-06 e PM-25, onde as concentrações entre as espécies oxidada e



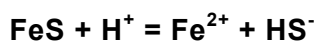
reduzida são próximas. As outras amostras que não foram analisadas na **Tabela 6.5.2-1** por não apresentarem anomalias das espécies analisadas, apresentam predominância do NO₃ em relação ao NH₄ (PMN-01, PMN- 06, PM-08, PM-09, PM-10, PMN-10, PMN-11, PM-15, PMN-15, PM-17, PM-18, PMN-30).

Observa-se também predominância das espécies reduzidas de ferro (Fe II) e manganês (Mn II), indicando portanto, uma fase ferro-manganês redutora. As principais espécies de ferro são Fe⁺², FeHCO₃⁺ e FeCO₃, apesar da possibilidade de adsorção, as duas primeiras possuem maior potencial de transporte que a terceira, que pode precipitar. As principais espécies de manganês são Mn⁺², MnHCO₃⁺, MnCO₃ e MnSO₄, novamente as duas primeiras com maior potencial de transporte com possibilidade de adsorção, enquanto as restantes podem precipitar rapidamente.

As principais espécies de bário em solução são Ba⁺², BaHCO₃⁺, e BaSO₄. As duas primeiras são facilmente adsorvidas, mas tem maior potencial de transporte que a terceira, que precipita rapidamente com a presença de sulfato.

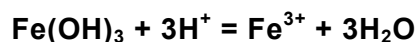
Enquanto as espécies principais de cobalto são Co⁺², CoHS⁺, e HCoO₂⁻. As duas primeiras possuem alto potencial de adsorção em pHs mais alcalinos, enquanto a terceira, possui potencial de transporte relativamente maior.

Quanto aos minerais que estão controlando as concentrações dos íons na solução, a Mackinawita (FeS) parece controlar as concentrações do Fe no PM-01. Já a barita que poderia estar controlando o bário encontra-se saturada e não tira mais bário da solução. Portanto o bário encontra-se predominantemente em sua forma dissolvida (Ba²⁺), podendo ser rapidamente controlado por reações de troca iônica e adsorção. Situação semelhante se encontra-se o manganês, a rodocrosita encontra-se saturada e sua forma reduzida dissolvida (Mn²⁺) deve ser atenuado por adsorção.



Os minerais siderita (FeCO₃), rodocrosita (MnCO₃) e hidróxido de ferro amorfo (Fe(OH)₃(a)) estão controlando as concentrações de ferro e manganês no poço PM-03 e no PMN-03, apenas a siderita (FeCO₃). O restante das espécies dissolvidas de ferro e manganês devem ser adsorvidas ao longo do fluxo subterrâneo.





A calcita (CaCO_3) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) são os únicos minerais em equilíbrio na água do PM-04 que através de dissolução/precipitação controlam as concentrações de Ca, Mg, HCO_3^- e CO_3^{2-} . Portanto, a presença de ferro, manganês e cobalto não devem ser atenuadas por precipitação de metais nesse poço, mas sim através da adsorção.



Tabela 6.5.2-1 – Ocorrências de metais com concentrações acima dos valores de intervenção.

Amostra	Unidade	PM-01	PM-03	PMN-03	PM-04	PM-06	PM-07	PM-12	PM-13	PM-14	PM-23	PM-24	PMN-25	PM-26	PM-29	
Área		ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	ULAI-02	Back	Back	Back	Back	Back	
BI		8.62	-50.61	12.32	12.23	8.14	88.00	14.76	16.44	15.40	6.07	4.94	-8.03	-0.36	5.94	21.57
pE		1.45	3.27	3.41	1.48	2.19	-24.30	3.64	2.38	1.79	2.60	3.07	1.83	2.68	3.61	3.10
CH4/HCO3 (pE)		-3.23	-2.55	-2.22	-2.78	-2.48	-3.70	-2.21	-2.77	-2.47	-2.61	-2.87	-3.09	-2.59	-2.51	-2.23
CH4/HCO3 (Eh)	mV	-189.4	-149.00	-129.90	-165.30	-145.70	-218.10	-130.1	-163.5	-144.1	-153.2	-168.1	-181.9	-151.8	-146.90	-130.80
NH4+/NO3 (pE)		6.09	6.70	7.34	6.35	6.96	5.64	7.15	6.54	7.15	6.78	6.65	6.64	6.96	7.11	7.43
NH4+/NO3 (Eh)	mV	356.50	392.20	429	377.20	409.20	332.60	420.1	385.6	417.10	397.8	389.7	390.4	408.30	416.30	436.4
HS-/SO4-2 (pE)		-2.99	-2.37	-2.06	-2.67	-2.26	-3.32	-1.99	-2.56	-2.04	-2.77	-2.89	-3.19	-2.38	-2.55	-2.11
HS-/SO4-2 (Eh)	mV	-175.00	-138.90	-120.30	-158.80	-133.00	-196.00	-117.10	-151.10	-119.30	-162.70	-169.50	-187.40	-139.90	-149.10	-124.10
HCO3	moles	1.5E-02	8.0E-03	3.1E-03	9.8E-03	6.2E-03	9.6E-05	3.3E-03	5.9E-03	4.4E-03	2.3E-03	1.8E-03	4.6E-03	2.0E-03	8.8E-04	7.1E-04
CO2	moles	3.9E-03	5.9E-03	8.3E-03	4.6E-03	5.4E-03	1.6E-05	6.7E-03	4.6E-03	6.1E-03	2.3E-03	1.3E-03	2.1E-03	2.4E-03	1.3E-03	1.9E-03
CH4	moles	1.1E-07	1.9E-09	2.1E-07	1.9E-09	1.9E-09	4.7E-08	1.1E-08	1.1E-07	1.1E-07	1.9E-08	1.5E-07	3.0E-07	4.9E-08	5.2E-08	2.4E-08
Fe2+	moles	3.8E-04	9.1E-05	7.3E-04	2.2E-04	4.0E-05	1.2E-05	6.8E-04	1.4E-03	1.5E-03	4.7E-04	4.0E-04	4.1E-04	5.0E-04	1.9E-04	4.6E-04
Fe3+	moles	1.1E-12	1.0E-07	2.3E-13	1.5E-08	3.1E-09	9.6E-14	4.8E-13	2.0E-12	7.8E-13	6.5E-13	5.5E-13	8.9E-13	5.3E-13	1.5E-13	2.5E-13
Mn2+	moles	2.6E-05	9.2E-06	8.3E-06	8.9E-05	1.3E-05	1.2E-04	1.3E-04	4.8E-05	9.4E-05	7.6E-06	7.8E-06	7.1E-06	5.6E-05	6.4E-06	9.7E-06
MnHCO3+	moles	2.0E-05	4.5E-06	1.7E-06	4.3E-05	4.5E-06	6.4E-07	2.7E-05	1.7E-05	2.4E-05	1.2E-06	9.4E-07	2.1E-06	7.8E-06	4.1E-07	5.0E-07
NH4+	moles	1.2E-03	4.4E-04	1.9E-03	8.9E-05	8.5E-06	8.7E-03	8.1E-04	2.4E-03	3.4E-03	8.1E-04	8.6E-04	2.2E-03	1.7E-04	2.1E-04	5.3E-05
NH3	moles	3.6E-06	5.2E-07	6.3E-07	1.9E-07	8.6E-09	4.8E-05	3.8E-07	2.9E-06	1.9E-06	7.9E-07	1.1E-06	4.6E-06	1.4E-07	1.3E-07	2.1E-08
NO3-	moles	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06	3.4E-05	2.1E-06	2.1E-06	1.3E-03	2.1E-06	2.1E-06	2.1E-06
SO42-	moles	5.3E-04	1.7E-03	2.5E-06	3.6E-03	1.5E-03	5.1E-05	1.7E-04	5.2E-05	1.4E-03	2.1E-07	2.1E-07	2.8E-06	2.1E-05	2.1E-07	6.4E-05
HS-	moles	7.8E-08	2.5E-07	7.8E-08	5.0E-07	7.8E-08	7.8E-08	7.8E-08	7.8E-08	7.8E-08	3.1E-07	2.5E-07	3.3E-06	7.8E-08	3.1E-07	3.4E-06
Ba+2	moles	4.7E-06	1.4E-06	2.7E-06	1.1E-06	3.4E-07	6.7E-06	9.0E-06	7.6E-06	4.0E-06	1.6E-06	1.7E-06	2.4E-06	6.3E-06	1.1E-06	9.0E-08
BaHCO3+	moles	3.4E-07	6.3E-08	5.1E-08	5.9E-08	1.2E-08	3.5E-09	1.9E-07	2.7E-07	9.3E-08	2.6E-08	2.0E-08	7.1E-08	8.7E-08	6.6E-09	4.6E-10
BaSO4	moles	2.5E-07	4.6E-07	1.5E-09	3.9E-07	7.0E-08	4.4E-08	3.3E-07	6.8E-08	9.3E-07	9.0E-11	9.5E-11	1.5E-09	3.4E-08	7.1E-11	1.7E-09
Co+2	moles	-	-	-	1.9E-07	-	4.6E-07	1.8E-06	7.1E-07	9.5E-07	-	-	-	5.2E-07	-	-
CoHS+	moles	-	-	-	6.7E-12	-	1.0E-08	8.1E-09	7.0E-09	2.3E-31	-	-	-	4.3E-09	-	-
HCoO2-	moles	-	-	-	4.7E-09	-	3.1E-07	9.1E-10	5.5E-09	1.4E-09	-	-	-	1.5E-09	-	-
is_Calcita	CaCO3	0.49	-1.23	-2.09	0.28	-0.45	-2.08	-1.64	-0.89	-1.41	-1.88	-2.16	-1.58	-1.99	-3.02	-2.95
is_Dolomita	CaMg(CO3)2	1.00	-2.08	-4.31	0.02	-1.18	-3.75	-3.44	-1.94	-3.08	-3.83	-4.24	-3.00	-4.08	-5.98	-6.08
is_Siderita	FeCO3	1.58	0.40	0.50	0.97	-0.12	-1.59	0.62	1.52	1.13	0.68	0.62	1.15	0.58	-0.23	-0.18
is_Rhodochrosita	MnCO3	0.95	-0.12	-1.10	1.04	-0.20	-0.33	0.24	0.44	0.31	-0.78	-0.78	-0.24	-0.05	-1.43	-1.58
is_Gipso	CaSO4.2H2O	-1.77	-2.06	-4.78	-0.72	-1.27	-3.29	-2.67	-3.14	-1.83	-5.94	-6.19	-5.15	-3.91	-6.41	-3.57
is_Barita	BaSO4	0.72	0.99	-1.49	0.85	0.15	-0.07	0.82	0.12	1.31	-2.74	-2.70	-1.51	-0.16	-2.83	-1.46
is_FeS(ppt)	FeS	-0.96	-2.10	-1.86	-1.14	-2.92	-2.13	-1.78	-0.85	-1.18	-0.95	-0.94	0.69	-1.43	-1.52	-0.38
is_Mackinawita	FeS	-0.23	-1.36	-1.12	-0.41	-2.19	-1.39	-1.05	-0.12	-0.45	-0.22	-0.20	1.42	-0.70	-0.78	0.35
is_Fe(OH)3(a)	Fe(OH)3	-4.48	0.23	-5.86	-0.72	-1.42	-5.54	-5.52	-4.62	-5.08	-5.08	-5.04	-4.74	-5.25	-5.84	-5.88
is_Goethita	FeOOH	1.31	6.01	-0.10	5.22	4.40	0.32	0.30	1.23	0.66	0.72	0.74	1.08	0.56	-0.05	-0.06
is_Gibbsita	Al(OH)3	1.37	0.02	3.71	1.30	0.54	1.17	1.29	2.82	0.35	1.25	1.23	1.15	0.92	0.84	2.19
is_Al(OH)3(a)	Al(OH)3	-1.34	-2.70	0.99	-1.38	-2.17	-1.53	-1.42	0.12	-2.37	-1.46	-1.48	-1.56	-1.79	-1.87	-0.52
is_Manganita	MnOOH	-12.71	-7.89	-15.06	-8.34	-9.13	-11.93	-13.54	-13.35	-13.48	-14.16	-14.05	-13.76	-13.51	-14.64	-14.91
Sphaerocobaltite	CoCO3	-	-	-	-2.17	-	-3.33	-2.20	-1.98	-2.31	-	-	-	-2.68	-	-
CoS	CoS	-	-	-	-3.22	-	0.45	-0.68	-0.35	-23.06	-	-	-	-0.71	-	-

Novamente os minerais siderita (FeCO_3), rodocrosita (MnCO_3) estão controlando as concentrações de ferro e manganês no poço PM-06. Além da rodocrosita, a atenuação do manganês por adsorção também pode ocorrer.



A rodocrosita (MnCO_3) está controlando as concentrações de manganês no poço PM-07, enquanto a barita (BaSO_4) controla as de bário. No entanto, as baixas concentrações de sulfato não são suficientes para precipitar a barita e o bário ocorre com concentrações anômalas. Além disso, a maior proporção do bário em solução é a dissolvida (Ba^{2+}), que poderá sofrer adsorção no substrato geológico. O sulfeto de cobalto está saturado, e portanto, não tira mais cobalto da solução, que poderá ser atenuado por adsorção.



Já no PM-12, o único mineral que se encontra em equilíbrio é a rodocrosita (MnCO_3) e portanto, podendo alterar as concentrações de manganês da solução. A anomalia de bário não deve ser atenuada pela precipitação de barita, já que esta se encontra saturada na solução. Quanto aos minerais de ferro, os sulfetos e hidróxido amorfo estão insaturados, e portanto não devem existir no substrato ou ainda estão em diluição sem equilíbrio com a solução, enquanto a goethita e a siderita estão supersaturadas. Os minerais de cobalto também encontram-se insaturados e talvez não existam no aquífero. Portanto, o ferro, bário e cobalto na solução poderão sofrer atenuação apenas por adsorção.

A rodocrosita (MnCO_3), a barita (BaSO_4), mackinawita (FeS), hidróxido de alumínio amorfo ($\text{Al(OH)}_3(\text{a})$), e sulfeto de cobalto (CoS) estão todos em equilíbrio com a solução do PM-13, indicando que o manganês, bário, ferro, alumínio e cobalto da solução podem estar sendo limitados pela precipitação desses minerais, além da atenuação por adsorção.

A rodocrosita (MnCO_3) e gibbsita (Al(OH)_3) encontram-se em equilíbrio com a solução no PM- 14, indicando que o manganês e o alumínio da solução podem

estar sendo limitados pela precipitação desses minerais, além da atenuação por adsorção. Já o ferro e o cobalto, poderão ser atenuados somente por adsorção.

A mackinawita (FeS) está em equilíbrio com as soluções do PM-23 e PM-24, e portanto, a presença de ferro nessas soluções pode estar sendo limitada por ela nessas soluções. Quanto ao manganês, poderá ser atenuado somente por adsorção. A rodocrosita (MnCO_3) está em equilíbrio com a solução no PM-25, indicando que o manganês pode estar sendo limitado pela precipitação desse mineral, já o ferro poderá ser atenuado somente por adsorção.

A rodocrosita (MnCO_3) e a barita (BaSO_4) estão em equilíbrio com a solução do PMN-25, indicando que o manganês e o bário podem estar sendo limitados pela precipitação desses minerais, além da atenuação por adsorção. Já o cobalto e o ferro poderão ser atenuados somente por adsorção.

A siderita (FeCO_3) e a goethita (FeOOH) estão em equilíbrio com a solução do PM-26 e portanto, a presença do ferro na solução está sendo atenuada por esses minerais.

A siderita (FeCO_3) e o hidróxido de alumínio amorfo ($\text{Al}(\text{OH})_3(\text{a})$) estão em equilíbrio com a solução do PM-29 e portanto, a presença do ferro e alumínio na solução estão sendo atenuadas por esses minerais. Enquanto o manganês poderá ser atenuado somente por adsorção.

Portanto, para futuros modelos matemáticos de transporte dos metais e íons, além da utilização do coeficiente de adsorção (K_d) para simular prognósticos, a interface PHT3D de transporte reativo aproxima melhor a realidade das reações geoquímicas dos prognósticos futuros, simulando as precipitações / dissoluções dos minerais ao longo do tempo / espaço.

6.6 Conclusões do Estudo Hidrogeoquímico

6.6.1 Estudo Hidroquímico

O estudo hidroquímico apontou algumas anomalias de compostos orgânicos (SVOC, VOC e TPH (total)) no solo em duas áreas da AI-03 (UD-04 e UD-05) e em outras áreas da AI-02 (UD-12 ~ PM-02, UD-14 ~ PM-04, UD-15 ~ PM-07, UD-16 ~ PM-12).

Quanto aos metais, algumas amostras apresentaram concentrações de bário, chumbo, cobre, cromo e zinco acima do valor de alerta da CETESB, e através de estudo estatístico e hidroquímico, identificou-se que a maioria das ocorrências são de origem natural e algumas poderiam apresentar contaminação antrópica (UD-06, UD-07, UD-08 ~ PM-10, UD-09 ~ PM-09 e UD-10 ~ PM-15 da AI-03; UD-12 ~ PM-02/PM-06, UD-16 ~ PM-12, UD-19 ~ PM-03 e UD-20 ~ PM-01 da AI-02). No entanto, os resultados analíticos desses metais não confirmaram anomalia nas águas subterrâneas dos poços instalados, e portanto, não devem preocupar os gestores, pois sua ocorrência está restrita aos níveis superiores do solo, e não estão sendo lixiviados para a água subterrânea.

Quanto à água subterrânea, os poços PM-04 e PM-06 da AI-02 apresentaram anomalias de compostos orgânicos (Naftaleno – abaixo do Valor de Intervenção, Benzeno, Etilbenzeno e 1,2,4-Trimetilbenzeno), certamente de origem antrópica.

Os resultados dos outros parâmetros analisados indicam que há impacto antrópico na qualidade das águas subterrâneas das áreas AI-01 e AI-02, possivelmente associado com aterros, além da presença da matéria orgânica dissolvida advinda das argilas orgânicas que ocorrem nessas áreas.

Os poços onde esse impacto fica claro são todos os poços da AI-01, com exceção do poço AI1PM-15PM-01, cujo centro da pluma parece ser o AI-01PM-04. E alguns poços da AI-02: PM-01, PM-03, PMN-03, PM-04, PM-06, PM-07 (centro da pluma da AI-02), PM-12, PM-13 e PM-14.

As amostras do Parque Tietê interpretadas nesse estudo como *background* de qualidade (PM-23, PM-24, PM-26 e PM-29), também apresentam matéria orgânica dissolvida, mas em concentrações menores que as encontradas nas áreas AI-01 e AI-02. Os poços PM-25 e PMN-25, apesar de estarem entre as amostras *background*,



apresentam alteração em sua qualidade, provavelmente devido à dispersão de pluma a montante.

Os metais (Bário, Cobalto, Ferro e Manganês) são encontrados com anomalia principalmente nos poços da AI-02 (PM-01, PMN-03, PM-07, PM-12 e PM-13), além do PMN-25, pertencente às amostras background. Nesse caso, o centro da pluma parece estar no PM-12, e não no PM- 07.

6.6.2 Modelo Hidrogeoquímico

Com base nos resultados do estudo hidroquímico foi possível concluir que há alteração na qualidade natural das águas subterrâneas nas áreas AI-01 e AI-02, e a principal ação antropogênica verificada é a ocorrência de aterro que apresenta entulho de construção civil, madeiras e raízes. Não foi possível identificar impacto antrópico na área AI-03.

Apesar de não haver informação sobre a composição desses aterros, foi possível definir alguns processos geoquímicos que estão ocorrendo nos aquíferos. Segundo modelo de processos geoquímicos que podem ocorrer em aterros de resíduos sólidos, pode-se concluir que há degradação da matéria orgânica nos aquíferos que provoca desaparecimento do oxigênio tornando seu ambiente redutor, a princípio aumentando sua acidez e dissolvendo os óxidos de Fe/Mn presentes no substrato geológico, reduzindo o ferro, o manganês, e metais associados à esses minerais, como o Ba e o Co, aumentando suas concentrações na solução.

Ocorre também um tamponamento momentâneo do pH pela alcalinidade aumentada por meio da reação dos íons H⁺ com minerais do substrato geológico como a calcita e a dolomita. A oxidação anaeróbia da matéria orgânica gera os ácidos carboxílicos (CH₃COO⁻), hidrogênio e gás carbônico, diminuindo também o pH do meio e elevando os valores de DBO e DQO. Nesse ambiente a forma amoniacal do nitrogênio prevalece.

A presença de sulfeto foi observada em maior concentração nas amostras *background*, indicando a existência natural da redução do sulfato pela degradação da matéria orgânica natural presente nas argilas orgânicas do substrato geológico. Na área AI-01 também ocorre em menor proporção, indicando um possível início dessa fase de redução do sulfato, assim como as concentrações de metano incipientes, mas maiores nessa área, indicam uma tendência de começo dessa fase



metanogênica, onde o pH tende a se elevar e os metais precipitarem novamente. Portanto, a fase geoquímica predominante nos aquíferos é a ferro-manganês redutora.

Além dos processos de oxi-redução, as espécies reduzidas dos metais (Fe^{+2} , Mn^{+2} , Ba^{+2} , Co^{+2}) e dos cátions também estão sofrendo adsorção nos argilominerais, matéria orgânica e óxihidróxidos de Fe.

E o outro processo que atenua a presença dos íons em solução é a precipitação de minerais, principalmente em sulfetos e carbonatos, e alguns hidróxidos. Os principais minerais que estão controlando as concentrações de ferro na água subterrânea são siderita (FeCO_3), mackinawita (FeS), hidróxido de ferro amorfo ($\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{a})$) e a goethita (FeOOH). O mineral que controla o manganês nas soluções é a rodocrosita (MnCO_3). O mineral que precipita o bário da solução é a barita (BaSO_4). A calcita (CaCO_3) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) controlam as concentrações de Ca, Mg, HCO_3 e CO_3 . O hidróxido de alumínio amorfo ($\text{Al}(\text{OH})_3(\text{a})$) e a gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) controlam a presença do alumínio, e o sulfeto de cobalto (CoS), a presença do cobalto.

Enfim, as informações disponíveis são consideradas suficientes para elaborar o modelo geoquímico dos aquíferos, tanto na área *background* como nas áreas impactadas, possibilitando explicar as principais características de cada área e o comportamento das substâncias originadas dos aterros. Algumas lacunas devem ser preenchidas com novas investigações que possibilitem o melhor entendimento dos fluxos e modelo geoquímico a jusante das principais ocorrências (AI1PM-04, PM-07, PM-12, PM-14 e PMN-25). Para tanto, o modelo conceitual estabelecido servirá de base para novos estudos e atividades futuras a serem desenvolvidas, bem como da simulação de prognósticos futuros por meio de modelagem matemática.

7. MODELAGEM MATEMÁTICA NUMÉRICA DE EVOLUÇÃO DAS PLUMAS

O objetivo do presente trabalho é elaborar, para a área da USP-Leste e entorno, os modelos de fluxo e de transporte dos compostos **Bário, Cobalto, Benzeno e Etilbenzeno**, identificados em água subterrânea com concentrações acima dos limites de intervenção definidos em CETESB (2014). Além dos quatro compostos citados acima, foram observadas na área concentrações de Ferro, Manganês e Chumbo acima dos limites estabelecidos na referência recém citada. Todavia, estes três compostos não foram modelados neste trabalho por serem de ocorrência natural nos solos da Bacia de São Paulo (no caso do Ferro e do Manganês) ou por serem pouco móveis em águas com pH neutro, no caso do Chumbo.

Os detalhes de execução desta modelagem, bem como os resultados e previsões obtidos através dela, são apresentados a seguir.

As figuras criadas durante a modelagem numérica, realizadas pelos softwares Modflow e MT3D se encontram ilustradas no **Anexo XVIII**.

7.1 Modelo de Fluxo de água subterrânea

A modelagem de transporte de contaminantes em água subterrânea necessita anteriormente da determinação precisa das cargas hidráulicas em toda a região de interesse, já que estas cargas governam o processo de advecção das substâncias dissolvidas. Para calcular a distribuição destas cargas no tempo e no espaço foi produzido e calibrado um modelo computacional tridimensional de fluxo de água subterrânea. O programa computacional empregado na modelação de fluxo foi o módulo Modflow na sua versão 2000. Este programa resolve a equação de água subterrânea através do método de diferenças finitas e sua eficiência é plenamente reconhecida. Todas as considerações empregadas na concepção, execução e calibração do modelo encontram-se detalhadas nos itens que se seguem.

7.1.1 Definições iniciais

7.1.1.1 Estacionariedade do Fluxo

Muito embora haja diferenças de cargas hidráulicas medidas nos poços de monitoramento presentes na área ao longo do ano hidrogeológico, não se observa uma variação significativa da intensidade e da direção do fluxo de água subterrânea,

o que permitiu a realização de um modelo numérico para uma distribuição estacionária de cargas.

7.1.1.2 Condições de contorno e área modelada

Tendo em vista os contornos das plumas de Bário, Benzeno, Cobalto e Etilbenzeno e os condicionantes naturais de fluxo que ocorrem no entorno da área em questão, a região modelada neste trabalho foi a apresentada na **Figura 2m**, interna ao contorno “ABCDEFGA”. Para estabelecer as condições neste contorno, inicialmente foram construídos dois mapas potenciométricos para a área, um baseado nas cargas hidráulicas dos poços mais rasos, outro nas cargas hidráulicas dos poços mais profundos. Posteriormente, estes mapas foram extrapolados para toda a área interna ao contorno ABCDEFGA (respectivamente, **Figuras 3m e 4m**). De posse de tais mapas potenciométricos, as condições de contorno foram assim definidas:

Nível Raso:

- Contorno ABCDEFG – Esse contorno coincide com o eixo do Córrego USP e a ele foi associada uma condição do tipo RIO, baseada neste Córrego. A condutância associada a esse Rio, CR, foi definida durante o processo de calibração de fluxo, detalhado no item 7.1.5. Como cota da lâmina d’água do rio foi considerado o valor da cota topográfica subtraído de 1 metro.
- Contornos AG – Neste contorno foi considerada condição de contorno do tipo I, CARGAS CONHECIDAS, baseadas no mapa potenciométrico raso da **Figura 3m**.

Nível Profundo:

- Contorno ABCDEFGA – Condição de contorno do tipo I, CARGAS CONHECIDAS, baseadas no mapa potenciométrico profundo da **Figura 4m**.

Salienta-se que os condicionantes naturais que foram empregados como condições de contorno permitiram modelar não apenas as áreas denominadas AI-02 e AI-03, mas sim toda a área pertencente à Universidade de São Paulo. Muito embora as plumas de contaminação observadas sejam restritas a pequenas porções da propriedade da USP, decidiu-se por se modelar toda a propriedade, tendo em vista que o modelo de fluxo possa vir a ser empregado em outra situação em futuro próximo, caso seja necessário.

7.1.1.3 Dimensões verticais do modelo

O modelo é limitado superiormente pela superfície topográfica do terreno, interpolada pelo método de krigagem ordinária (Kitanidis, 1997). Nesta interpolação foram empregados os dados topográficos levantados para a área pertencente à *USP Leste* e dados extraídos do modelo digital de terreno SRTM com precisão de 1 segundo de arco, disponibilizado pela *Earth Resources Observation Systems Data Center* (<http://eros.usgs.gov>) para o entorno da área. Como superfície inferior, empregou-se a superfície horizontal de cota igual a 680m. A escolha desta cota como base da área modelada será justificada no item a seguir.

7.1.2 Parâmetros do Modelo

7.1.2.1 Camadas litológicas e condutividades hidráulicas

Para representar a grande variabilidade litológica observada na área quando da instalação de poços de monitoramento, o domínio do modelo foi dividido em 10 Zonas Hidrogeológicas distintas (**Figura 5m**) cujas interfaces foram interpoladas mais uma vez por krigagem ordinária (Kitanidis, 1997), baseada nos perfis litológicos dos poços e sondagens perfuradas na área. De uma forma geral, a região consiste basicamente de 6 camadas razoavelmente plano-paralelas. A camada mais superficial, constituída predominantemente de aterro com matéria orgânica. Sob esta, ocorre a camada 2 constituída de argila orgânica. Na sequência, surge uma camada onde predomina a areia fina, seguida de mais uma camada de argila orgânica. Posteriormente ocorre uma camada de areia de granulações diversas, uma camada de alteração de rocha e finalmente o embasamento cristalino, que segundo resultados de Sondagens a Percussão disponibilizados pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos – CPTM aparece, na área, em média, na cota 680m, considerada como base do modelo numérico. No interior de cada uma das camadas acima do embasamento cristalino, ocorrem lentes das demais Zonas Hidrogeológicas adotadas na modelagem.

A cada uma das 10 zonas foi atribuída uma condutividade hidráulica horizontal e uma condutividade hidráulica vertical. É importante salientar que para o modelo estacionário de circulação de água subterrânea, as zonas têm interesse apenas quanto às suas condutividades hidráulicas. Os valores para cada uma destas condutividades foram ajustados durante o procedimento de calibração, como está

detalhado no item 7.1.5. A **Tabela 7.1.2.1-1** mostra a descrição das zonas citadas, que correspondem aos litotipos levantados na área e observados nas **Figuras 28 e 29**.

Tabela 7.1.2.1-1 – Descrição das Zonas Hidráulicas

Zona Hidrogeológica	Descrição
Z1	Aterro com matéria orgânica
Z2	Argila com matéria orgânica
Z3	Areia fina
Z4	Argila com pouca matéria orgânica
Z5	Areia com granulometrias variadas
Z6	Areia média
Z7	Areia grossa
Z8	Argila arenosa orgânica
Z9	Argila Siltosa a Silte argiloso
Z10	Alteração de rocha

7.1.2.2 Discretização espacial

Para o processamento do programa computacional dividiu-se inicialmente a área modelada em uma grade com células de 10m X 10m. Posteriormente, na área do *site* onde encontram-se contaminantes dissolvidos em água subterrânea e entorno próximo, a grade foi refinada para células de 5m X 5m (**Figura 6am**). Verticalmente a área modelada foi dividida em 7 camadas matemáticas (**Figura 6bm**), de forma a melhorar a representação vertical das plumas de contaminação. Essa divisão resultou em mais de 350.000 células, permitindo boa resolução e resultados confiáveis.

7.1.2.3 Recarga e Evapotranspiração

A área modelada foi separada em 2 zonas de Recarga (**Figura 7m**), coincidentes a duas regiões de Evapotranspiração (**Figura 8m**), tendo em vista a impermeabilização do solo na região, avaliada pela imagem de satélite. As Zona R1 e EVPT1 são relacionadas a áreas onde existe impermeabilização do solo, enquanto as Zonas R2 e EVPT2 referem-se a áreas onde não existe pavimentação ou construções. Os valores associados a cada zona foram ajustados durante o procedimento de calibração, detalhado no item 7.1.5, tendo como valores balizadores os de precipitação e de evapotranspiração potencial anuais medidos pelos satélites TRMM e MOD16A2 para a área (Laboratório de Processamento de Imagens e

Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>), respectivamente 1735 mm/ano e 1823 mm/ano em 2012.

7.1.3 Processamento do modelo

O método numérico para resolver o sistema de equações lineares gerado pela discretização espacial da equação de água subterrânea na área foi o PCG, baseado no método de solução de sistema de equações lineares denominado Método de Gradiente Conjugado Pré-Condicionado, um dos métodos existente no Modflow2000. Os parâmetros empregados foram os fornecidos pelo fabricante.

7.1.4 Análise da qualidade do modelo

A qualidade numérica dos resultados obtidos nesta modelagem é atestada pelas seguintes características:

- Convergência – Não houve problemas de convergência no método PCG em nenhum dos ensaios processados, o que atesta a estabilidade do modelo e a consequente confiabilidade dos resultados.
- Balanço de Massa – A diferença entre as massas de água que entram e saem da área através de seu contorno, calculadas pelo modelo, foi inferior a 0,1 % o que indica que a grade de elementos gerada é plenamente satisfatória para a resolução numérica da equação de fluxo de água subterrânea na área.

7.1.5 Calibração

O processo de calibração de um modelo consiste na variação de seus parâmetros dentro das faixas consideradas razoáveis para que os valores calculados na posição onde existam poços de monitoramento coincidam com os valores medidos em campo nestes poços. Durante o procedimento de calibração as condutividades hidráulicas horizontais e verticais das zonas Z1 a Z10, bem como a Recargas R1 e R2, as Evapotranspirações EVPT1 e EVPT2 e a condutância CR do Córrego foram variados com o objetivo de criar um modelo que resultasse em uma menor diferença entre cargas calculadas e as observadas em campo nos poços de monitoramento na campanha de junho de 2016. Esta variação foi feita para todos os parâmetros de modo automático pelo módulo PEST que otimiza a calibração através do método de

regressão não linear. Para que este módulo não operasse livremente e fornecesse uma configuração irreal destes parâmetros, foram impostas restrições sobre eles. Exigiu-se que as condutividades verticais em cada litologia fossem no máximo iguais às suas correspondentes horizontais. Além disso, foram definidas faixas de validade para cada uma das litologias, segundo a literatura (Freeze e Cherry, 1979) e os valores medidos na área através de *slug tests*, apresentados na **Tabela 4.9-1**.

Os valores dos parâmetros hidráulicos que levaram à menor diferença entre cargas calculadas e observadas encontram-se na **Tabela 7.1.5-1**. O erro médio quadrático normalizado desta diferença para esta configuração de parâmetros foi de 9,8 % com erro absoluto médio igual a 49 cm. A **Figura 9m** mostra graficamente a relação entre cargas calculadas pelo modelo calibrado e as observadas em campo. Uma vez que o valor do erro médio quadrático normalizado é inferior a 10%, considera-se o modelo de fluxo calibrado adequado para embasar o modelo de transporte dos contaminantes.

A inspeção da **Tabela 7.1.5-1** mostra que os valores que calibram o modelo concordam com as descrições litológicas de cada Zona Hidrogeológica. No caso das Recargas calibradas, o valor de 227 mm/ano nas áreas pavimentadas pode, em um primeiro momento causar surpresa, já que o esperado seria ter um valor de 0. Todavia, salienta-se que vazamento nas redes de fornecimento de água encanada e de esgotamento sanitário causa recarga no aquífero que pode ser até mesmo superior à recarga natural da área não pavimentada (Lerner, 1990).

Quanto ao valor da condutância CR calibrado, é compatível com um rio cujo sedimento de fundo é argiloso e de espessura em torno de 0,5.

Tabela 7.1.5-1 – Valores dos parâmetros que calibram o modelo

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Condutividade Horizontal Z1	$9,0 \cdot 10^{-6}$ m/s	Condutividade Vertical Z1	$4,2 \cdot 10^{-7}$ m/s
Condutividade Horizontal Z2	$1,99 \cdot 10^{-7}$ m/s	Condutividade Vertical Z2	$1,3 \cdot 10^{-7}$ m/s
Condutividade Horizontal Z3	$1,07 \cdot 10^{-6}$ m/s	Condutividade Vertical Z3	$1,0 \cdot 10^{-8}$ m/s
Condutividade Horizontal Z4	$1,37 \cdot 10^{-7}$ m/s	Condutividade Vertical Z4	$1,0 \cdot 10^{-8}$ m/s
Condutividade Horizontal Z5	$1,84 \cdot 10^{-5}$ m/s	Condutividade Vertical Z5	$1,45 \cdot 10^{-5}$ m/s
Condutividade Horizontal Z6	$4,65 \cdot 10^{-6}$ m/s	Condutividade Vertical Z6	$8,36 \cdot 10^{-7}$ m/s

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Condutividade Horizontal Z7	$2,28 \cdot 10^{-5}$ m/s	Condutividade Vertical Z7	$1,57 \cdot 10^{-5}$ m/s
Condutividade Horizontal Z8	$1,39 \cdot 10^{-7}$ m/s	Condutividade Vertical Z8	$1,33 \cdot 10^{-7}$ m/s
Condutividade Horizontal Z9	$3,59 \cdot 10^{-7}$ m/s	Condutividade Vertical Z9	$1,0 \cdot 10^{-8}$ m/s
Condutividade Horizontal Z10	$2,62 \cdot 10^{-7}$ m/s	Condutividade Vertical Z10	$2,20 \cdot 10^{-7}$ m/s
R1	227 mm/ano	R2	117 mm/ano
EVPT1	0 mm/ano	EVPT2	300 mm/ano
CR	$0,48 \text{ m}^2/\text{s}$		

7.1.6 Resultados do modelo de fluxo

A **Figura 10am** mostra o mapa potenciométrico gerado pelo modelo no nível raso do aquífero, enquanto a **Figura 10bm** mostra o mapa análogo no nível profundo. Já a **Figura 10cm** apresenta a distribuição de cargas hidráulicas na seção B-B' indicada na **Figura 5**. Observa-se que o fluxo profundo tem direção Sudeste-Noroeste, na direção do Rio Tietê, o que é o esperado, com gradiente hidráulico da ordem de 0,007, resultando em uma velocidade de fluxo de aproximadamente $1,3 \cdot 10^{-6}$ m/s.

No nível raso, o fluxo é bastante influenciado pelo carácter local das distribuições de condutividade hidráulica e também pelo Córrego USP. Neste nível o gradiente hidráulico é em média maior que no nível profundo, atingindo 0,013. A velocidade de fluxo neste nível, atinge então os $3 \cdot 10^{-5}$ m/s. Os valores de velocidade de fluxos obtidos no modelo são compatíveis com aqueles estimados no modelo conceitual. Verticalmente, existe um forte gradiente vertical descendente até a parte intermediária do aquífero, a partir de onde o gradiente se torna essencialmente horizontal. Verifica-se também na seção horizontal da **Figura 10cm** que apenas a parte mais rasa do fluxo de água subterrânea deságua no Córrego, sendo que a maior parte desse fluxo acaba por caminhar por sob o Córrego. É possível também observar que nas proximidades do Córrego USP, a intensidade do gradiente vertical é bastante reduzida, o que é de suma importância, uma vez que é justamente nesta região que ocorrem as plumas de contaminação.

7.2 Modelo de Transporte de Contaminantes

Um contaminante dissolvido em zona saturada pode estar sujeito aos processos de advecção, dispersão hidrodinâmica, adsorção e degradação (Fetter, 1993). A equação matemática resultante da combinação destes fenômenos é bastante complexa e é necessário um programa computacional robusto para resolvê-la (Zheng, 1990). Além disso, tal programa deve conseguir interagir com o modelo de fluxo gerado anteriormente e deve ter sua eficácia reconhecida. Tendo em vista estas considerações optou-se por empregar o módulo MT3DMS. Este programa possui rotinas bastante otimizadas, permitindo uma boa relação entre qualidade numérica de solução e rapidez no processamento.

Todas as considerações empregadas na concepção e execução do modelo encontram-se detalhadas nos itens seguintes.

7.2.1 Definições iniciais

7.2.1.1 Estudo de Cenário

O procedimento padrão na modelagem de transporte é o de, empregando-se o modelo de fluxo como base, inserir os valores iniciais dos parâmetros de transporte e posteriormente calibrar o modelo, comparando concentrações medidas em campo e as calculadas pelo modelo. Após a calibração chegar a bom termo, o modelo pode então ser usado para se fazerem previsões. No presente caso tal procedimento é inviável, pois existe apenas uma campanha de monitoramento de concentrações onde todos os poços existentes na área foram amostrados. Uma vez que tal campanha será usada como condição inicial, como comentado no item 7.2.1.4 a seguir, a calibração de transporte torna-se, portanto, inexecutável.

Par contornar este problema, a evolução das plumas de Bário, Benzeno, Cobalto e Etilbenzeno foi realizada através do processamento do modelo em dois cenários distintos. No denominado Cenário 1, a evolução das plumas dos quatro contaminantes em questão foi processada empregando-se valores dos parâmetros encontrados na literatura. Já no Cenário 2 a evolução das plumas de contaminantes foi calculada tendo em vista uma sorção dos compostos dissolvidos pela matriz sólida da zona saturada e taxa de degradação por atividade bacteriana iguais a metade das adotadas no Cenário 1. Desta forma o Cenário 1 se distingue como

cenário mais provável, ao passo que o Cenário 2 se caracteriza como cenário conservador. Os detalhes pormenorizados dos parâmetros empregados são o assunto dos próximos itens.

7.2.1.2 Área modelada no transporte

Um modelo de transporte pode ter, no máximo, as mesmas dimensões do modelo de fluxo associado a ele, sendo permitido, entretanto que tenha uma área menor. No presente caso, não houve diferenças entre as áreas modeladas para fluxo e para transporte.

7.2.1.3 Condições de contorno

Quando se impõem condições de barreira impermeável em parte do contorno do modelo de fluxo, tal decisão pode redundar em dificuldades para a elaboração do modelo de transporte. Uma vez que a água subterrânea não atravessa estas barreiras, existe a possibilidade das concentrações calculadas pelo modelo de transporte tornarem-se irrealisticamente altas em regiões próximas a elas. Porém, visto que o modelo de fluxo gerado previamente neste estudo é limitado por condições de contorno do tipo *carga hidráulica conhecida*, ou do tipo *Rio* não foi necessária a aplicação de nenhuma outra condição de contorno para a realização dos modelos de transporte.

7.2.1.4 Discretização espacial

A grade de diferenças finitas empregada foi exatamente a mesma do modelo de fluxo, que já havia sido projetada contemplando-se as necessidades do modelo de transporte.

7.2.1.5 Condições iniciais para a calibração dos modelos de transporte

Modelos de transporte são sempre dinâmicos e requerem o estabelecimento de uma condição inicial para cada contaminante a ser avaliado. Estabelecer uma condição inicial para um modelo de transporte significa informar ao *software* qual a distribuição de concentrações no interior do domínio modelado no instante inicial, $t = 0$.

O instante inicial deve ser baseado em uma campanha que permita delimitar com precisão as plumas dos contaminantes em questão. Assim, foi adotada a campanha

de Junho de 2016 como instante inicial para a calibração de transporte. Para determinar as plumas iniciais de Bário, Benzeno, Cobalto e Etilbenzeno, ou seja, a distribuição das concentrações destes contaminantes na área modelada no instante inicial, estes valores de concentrações foram transformados em valores de \ln de concentração, interpolados via krigagem ordinária (Kitanidis, 1997) e destransformados para valores de concentração, o que resultou na distribuição inicial de concentrações destes quatro compostos apresentadas nas **Figuras 11am, 11bm, 11cm e 11dm**. Salienta-se que as plumas dos contaminantes só foi observada para o nível raso do aquífero e também que as mesmas distribuições iniciais foram empregadas nos dois cenários.

7.2.1.6 Porosidades efetivas e densidades aparentes.

Os parâmetros porosidade efetiva, n_e , e densidade aparente, ρ_b , são imprescindíveis no cálculo do transporte de contaminantes, uma vez que ambos se relacionam ao fenômeno de adsorção e, no caso de n_e , também à advecção. Existem medidas de porosidade efetiva e densidades aparentes para a área (Servmar, 2014), todavia tais medidas se referem a amostras de solo coletadas a 40cm de profundidade e podem refletir apenas as características da camada de aterro que recobre toda a região. Os valores adotados para as demais camadas foram baseados na literatura (Freezy e Cherry, 1979 e Saxton e col., 1986), tendo em vista a descrição das Zonas Hidrogeológicas da **Tabela 7.1.2.1-1**. Todos os valores empregados encontram-se na **Tabela 7.2.1.6-1** e foram utilizados em ambos os cenários testados.

Tabela 7.2.1.6-1 – Valores de porosidade efetiva e densidade aparente empregados na modelagem

Zona Hidrogeológica	Porosidade Efetiva	Densidade Aparente
Z1	0,048*	1570 kg/m ³ *
Z2	0,010	1200 kg/m ³
Z3	0,050	1650 kg/m ³
Z4	0,010	1200 kg/m ³
Z5	0,100	1600 kg/m ³
Z6	0,100	1600 kg/m ³
Z7	0,200	1550 kg/m ³
Z8	0,020	1300 kg/m ³
Z9	0,010	1300 kg/m ³
Z10	0,05	1750 kg/m ³

* Média dos valores medidos em campo.

7.2.1.7 Dispersividades

O valor de dispersividade longitudinal para todos os contaminantes foi de 1,6 metros, baseado no comprimento longitudinal da maior pluma observada na área, no caso a de Bário e na relação levantada por Xu e Eckstein (1995). Os valores de dispersividades transversais horizontais (0,16 m) e transversais verticais (0,0016 m) também foram adotados para todos os contaminantes também foram baseados em literatura (Fetter, 1993). Estes valores de dispersividades foram usados tanto no Cenário 1, quanto no Cenário 2.

7.2.1.8 Coeficientes de partição e taxas de degradação

Dentre todos os parâmetros de transporte, os coeficientes de partição (K_D) e as taxas de degradação (λ) são os que diferenciam os dois cenários avaliados.

Em ambos os cenários, cada Zona Hidrogeológica foi considerada também uma zona de sorção e de degradação distinta. As escolhas para os valores seguiram as seguintes premissas:

Cenário 1:

- Nenhuma degradação foi considerada para os contaminantes inorgânicos Bário e Cobalto.
- Para os contaminantes orgânicos, Benzeno e Etilbenzeno, a taxa de degradação considerada foi a mais conservadora e razoável encontrada na literatura (Wiedmeier e Todd, 1999), respectivamente 0,00095 1/dia e 0,00306 1/dia.
- Foi considerado que a sorção é controlada por uma isoterma linear (Fetter, 1993).
- Para os contaminantes inorgânicos, o coeficiente de partição padrão para o Bário e para o Cobalto foram os encontrados na literatura (EPA 2006), respectivamente 41 L/kg e 45 L/kg. Os valores adotados para cada Zona Hidrogeológica variam de uma vez o valor padrão (para zonas essencialmente argilosas) até 0,1% do valor padrão, para zonas essencialmente arenosas.

- Para os contaminantes orgânicos, admitiu-se que os coeficientes de partição fossem bem descritos pela relação $K_D = K_{OC} f_{OC}$ (Fetter, 1993), na qual K_{OC} é o coeficiente de partição em carbono orgânico e f_{OC} é a fração de carbono orgânico do solo. Os valores de K_{OC} empregados foram os da literatura (EPA 2006), 58,3 L/kg para o Benzeno e 363 L/kg para o Etilbenzeno. O valor de f_{OC} considerado padrão para a área foi o valor médio das medidas realizadas em campo para a camada mais superficial do solo, igual a 0,0075. Este valor foi adotado para todas as Zonas Hidrogeológicas onde ocorre matéria orgânica (descritas na tabela 1). Para as demais Zonas Hidrogeológicas, o valor adotado foi o de 0,001.

Cenário 2:

- Todas as premissas do Cenário 1 também foram adotadas no Cenário 2. A distinção é que no Cenário 2 foram empregados os valores de K_D e λ iguais à metade dos valores utilizados no Cenário 1.

Os valores dos coeficientes de partição e de taxas de degradação utilizados encontram-se nas **Tabelas 7.2.3.3-1 e 7.2.3.3-2** a seguir.

7.2.2 Processamento do modelo

7.2.2.1 Parâmetros de processamento

O módulo MT3DMS possui diversas rotinas para a resolução da equação de transporte em água subterrânea. Nesta modelagem foi empregado o Método TVD, por ser ele o mais geral e aliar rapidez de processamento a qualidade de solução. Os parâmetros empregados foram os fornecidos pelo fabricante.

7.2.2.2 Análise da qualidade do modelo

A qualidade numérica dos resultados obtidos nesta modelagem é atestada pelas seguintes características:

- **Convergência** – Ao longo de todos os ensaios realizados não houve problemas de convergência do método numérico, demonstrando a robustez do modelo.

- Balanço de massa – A diferença entre as massas de contaminantes que entram e saem de cada célula da grade do modelo esteve inferior a 1%, atestando a adequação da discretização espacial empregada e a confiabilidade dos resultados.

7.2.3 Previsões

Foram realizadas simulações para a evolução das plumas dos quatro contaminantes para 5 e 10 anos no futuro, para ambos os Cenários, supondo que nenhuma massa de contaminante migrará da zona não saturada para a zona saturada na área. Os resultados são os que se seguem.

7.2.3.1 Evolução das plumas no Cenário 1

As **Figuras 12m a 27m** mostram as evoluções das plumas dos quatro contaminantes para o Cenário 1 até o ano de 2026.

Observa-se inicialmente que as plumas que em 2016 foram observadas no nível raso do aquífero não alcançam o nível mais profundo para nenhum dos contaminantes. Isso se deve ao fato do gradiente vertical não ser intenso na região próxima ao Córrego USP, associado aos baixos valores de condutividades hidráulicas verticais das camadas argilosas que ocorrem na área.

De uma forma geral, neste Cenário as áreas impactadas por cada pluma não aumentam. As plumas de Bário praticamente se mantêm na mesma posição, todavia com diminuição das concentrações em seu interior. Comportamento semelhante é observado para o Etilbenzeno. Por outro lado, a pluma de Benzeno sofre uma grande redução, tanto em área quanto em concentrações, chegando até mesmo a se reduzir a valores inferiores ao Limite de Intervenção até 2026. Já a pluma de Cobalto avança levemente em direção ao Córrego USP, mas posteriormente reduz levemente a sua área e suas concentrações. No caso dos metais, a diminuição das concentrações e da área impactada se deve à dispersão hidrodinâmica da pluma. Já no caso dos orgânicos, além da dispersão hidrodinâmica também ocorre degradação, ocasionando a redução observada.

7.2.3.2 Evolução das plumas no Cenário 2

As evoluções das plumas de contaminantes neste cenário mais conservador podem ser observadas nas **Figuras 28m a 43m**. As plumas de Bário continuam imóveis, mesmo com a redução de sorção adotada neste Cenário. Observa-se a diminuição das concentrações como no Cenário 1, apesar do valor mais baixo de taxa de degradação. Já a pluma de Benzeno sofre uma redução considerável já em 2021, ou seja, mais rapidamente que no Cenário 1. Isso pode ser explicado pelo fato da diluição ser maior no Cenário 2, já que neste cenário a mobilidade da pluma é maior. A pluma de Cobalto avança mais significativamente na direção do Córrego, com diminuição discreta das concentrações. Finalmente, a pluma de Etilbenzeno diminui suas concentrações de forma muito mais intensa que no Cenário 1, mais uma vez provavelmente devido à maior diluição. Em suma, mesmo neste Cenário conservador, as plumas dos 4 contaminantes não avançam significativamente e sofrem reduções consideráveis ao longo do tempo. Assim como no Cenário 1, as diminuições de concentrações e de área impactada ocorrem por dispersão hidrodinâmica, no caso dos metais, ou deste efeito combinado com o efeito causado pela degradação, no caso dos contaminantes orgânicos.

7.2.3.3 Aporte de massa no Córrego USP

Por meio da inspeção do arquivo OT gerado pelo software empregado na modelagem de transporte, é possível determinar que massa de contaminantes é descarregada no Córrego USP e também quanta massa deixa a área modelada por sob este Córrego.

Os resultados, mostrados nas **Tabelas 7.2.3.3-1 e 7.2.3.3-2** para ambos os Cenários indica que nenhuma massa de benzeno deixa a área modelada, seja pelo Córrego ou por sob ele. De maneira semelhante, o Etilbenzeno também praticamente não deixa a área modelada, com exceção de valores muito baixos que atravessam por baixo do Córrego no Cenário 2, a partir de 2022.

No que diz respeito às plumas dos inorgânicos, que já se encontram muito próximas aos limites da área modelada, as massas que escapam do domínio do modelo são mais relevantes. Para o Bário, as quantidades de Bário que aportam no Córrego alcançam os 50g por ano em ambos os Cenários e a massa que deixa o domínio do modelo por sob o Córrego chega a 150g por ano no Cenário 2. No caso do Cobalto, o principal destino é o Córrego, onde aportam 29g por ano em 2026.

Segundo o modelo de fluxo, o aporte de água subterrânea proveniente da área modelada no Córrego é de aproximadamente 15 m³/dia. Caso os aportes de massa apresentados na tabela 7.2.3.3-1 sejam diluídos uniformemente neste volume de água, as concentrações dos quatro contaminantes modelados a serem observadas nas águas do Córrego USP (tabela 7.2.3.3-3) seriam de no máximo 27,4 µg/L, 0 µg/L, 0,55 µg/L e 0,18 µg/L respectivamente para Bário, Benzeno, Cobalto e Etilbenzeno, expressivamente inferiores aos valores estabelecidos na Resolução CONAMA 357 para Rios de Águas Doces – Classe 1, respectivamente 700 µg/L, 5 µg/L, 50 µg/L e 90 µg/L, para os mesmos contaminantes.

Tabela 7.2.3.3-1 – Aporte anual de massa de contaminantes (em g/ano) que atinge o Córrego USP

Ano	Bário		Benzeno		Cobalto		Etilbenzeno	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
2017	8	13	0	0	0	0	0	0
2018	31	39	0	0	1	2	0	0
2019	42	46	0	0	2	5	0	0
2020	49	42	0	0	3	9	0	0
2021	40	50	0	0	3	12	0	0
2022	50	50	0	0	3	15	0	0
2023	50	50	0	0	4	19	0	0
2024	50	40	0	0	3	22	0	0
2025	40	50	0	0	3	25	0	0
2026	50	40	0	0	4	29	0	0

Tabela 7.2.3.3-2 – Massa anual de contaminantes (em g/ano) que deixa a área modelada por sob o Córrego USP

Ano	Bário		Benzeno		Cobalto		Etilbenzeno	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
2017	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	2	0	0	0	0	0	0
2019	1	6	0	0	0	0	0	0
2020	3	13	0	0	0	1	0	0
2021	6	23	0	0	0	1	0	0
2022	9	39	0	0	1	2	0	1
2023	14	57	0	0	1	2	0	1
2024	19	90	0	0	1	3	0	1
2025	27	110	0	0	1	3	0	1
2026	30	150	0	0	2	3	0	1

Tabela 7.2.3.3-3 – Concentrações esperadas pela diluição das massas de contaminantes no volume de água subterrânea que aporta o Córrego USP em µg/L.

Ano	Bário		Benzeno		Cobalto		Etilbenzeno	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
2017	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0.37	0	0	0	0	0	0
2019	0.18	1.10	0	0	0	0	0	0
2020	0.55	2.37	0	0	0	0.18	0	0
2021	1.10	4.20	0	0	0	0.18	0	0
2022	1.64	7.12	0	0	0.18	0.37	0	0.18
2023	2.56	10.41	0	0	0.18	0.37	0	0.18
2024	3.47	16.44	0	0	0.18	0.55	0	0.18
2025	4.93	20.09	0	0	0.18	0.55	0	0.18
2026	5.48	27.40	0	0	0.37	0.55	0	0.18

7.3 Conclusões da Modelagem Matemática

O fluxo de água subterrânea na área modelada aponta em direção ao Rio Tietê no nível profundo e é fortemente condicionado pela litologia e pelo Córrego USP no nível raso. Na parte leste da área, o fluxo vertical descendente é mais intenso, se reduzindo significativamente a medida que se aproxima do Córrego, justamente a região onde ocorrem as plumas. As simulações de transporte baseadas em dois Cenários, um mais provável e outro mais conservador, indicam que quando há evolução significativa das plumas de contaminação ela ocorre no sentido de diminuir a área impactada e as concentrações observadas. Apesar da existência de fluxos descendentes, em nenhum dos Cenários testados as plumas migraram do nível raso para o profundo.

Os cálculos do movimento de massa para o Córrego USP indicam que as concentrações dos contaminantes que se espera encontrar neste corpo superficial até 2026 são muito menores que os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357 para Rios de Águas Doces – Classe 1.

8. AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA

Frequentemente os produtos químicos são classificados como “tóxicos” e “não tóxicos”. Entretanto, praticamente todas as substâncias podem causar efeitos tóxicos sob determinadas circunstâncias de exposição. O importante é avaliar “qual a probabilidade de que sejam observadas propriedades tóxicas para um produto químico sob as condições de exposição esperadas para uma determinada população”.

O Risco à saúde humana pode ser definido como a probabilidade de que a exposição a um determinado agente (ou agentes), simultânea ou sucessivamente, cause danos à saúde de um indivíduo exposto, sendo que este risco pode ser expresso em termos quantitativos de zero (expressa a certeza de que o dano não ocorra) a 1 (expressa certeza de que o dano ocorra). Por exemplo, um risco de 10^{-6} , representa uma probabilidade de 1 em um milhão de que o dano ocorra.

Em linhas gerais, todos os métodos de avaliação de risco baseiam-se na premissa de que, para que um efeito adverso à saúde humana ocorra, são necessários três elementos: o receptor, a fonte de contaminação e um tempo de contato entre eles, chamado de duração da exposição. O contaminante pode atingir o receptor pelas chamadas vias de exposição: ingestão, inalação e contato dermal.

A dose total recebida pelo receptor é comparada, no caso de compostos não carcinogênicos, com limites aceitáveis obtidos em ensaios toxicológicos chamados dose de referência (RfD – *reference dose*, TDI – *tolerable daily intake*, etc.). Em alguns casos os efeitos toxicológicos de um determinado composto são diferentes para as várias vias de exposição. Neste caso, as doses obtidas são comparadas com doses de referência específicas, por exemplo, dose de referência para inalação.

Para compostos carcinogênicos não há limites seguros de exposição para os quais o risco de contrair câncer seja nulo (*threshold*). Utiliza-se, então, uma probabilidade aceitável, que varia de 10^{-6} a 10^{-4} , adotando-se como referência para ingestão diária um padrão denominado fator de carcinogenicidade - SF (*Slope Factor*).

A avaliação de risco pode ser realizada em três níveis: Nível 1, Nível 2 e Nível 3. Os Níveis tornam-se progressivamente mais específicos e detalhados, na medida em que o detalhamento dos estudos sobre a área e contaminantes tornam-se necessários.



No presente trabalho, considerando-se que valores superiores aos estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes foram encontrados na investigação ambiental detalhada realizada, desenvolveu-se a avaliação de Nível 2 (Tier 2), calculando-se os níveis de risco existentes e os valores das Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA).

Para o desenvolvimento das simulações e cálculos da análise de risco Nível 2, são utilizadas como ferramenta as planilhas para avaliação de risco em áreas contaminadas sob investigação, cuja criação foi determinada pela Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007, da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, com a finalidade de padronizar e otimizar a execução dos estudos de avaliação de risco realizados no Estado.

Estas planilhas possibilitam a quantificação dos riscos para substâncias não carcinogênicas e carcinogênicas, individual e cumulativo, considerando os cenários de exposição e substâncias químicas de interesse, bem como o cálculo das concentrações máximas aceitáveis (CMAs) para essas substâncias.

As planilhas utilizam cálculos baseados no procedimento descrito no RAGS - *Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A)* (USEPA, 1989) para quantificação da exposição e do risco, bem como as equações de Domênico (1987), para transporte de contaminantes em meio saturado, o modelo de Jury e Johnson (1991), para transporte de contaminantes em meio não saturado, e Johnson e Etinger (1992), para intrusão de vapores.

No **Anexo XIX** são apresentados os dados e resultados da simulação de risco obtidos.

8.1 Identificação de Fontes Potenciais e Meio Impactado

De forma geral, na área de estudo foi detectado histórico relativo a dois tipos básicos de fontes potencialmente poluidoras: as fontes primárias e as fontes secundárias.

A fonte primária, neste caso, é representada principalmente pelo aterro de origem desconhecida, que foi disposto entre os anos de 2010 e 2011 em quase a totalidade da área AI-02. Também pode-se considerar como fonte primária o material de dragagem ou desassoreamento do Rio Tietê utilizado para aterramento da USP



Leste na década de 1960. As fontes secundárias relacionam-se a distribuição espacial da fase retida no solo e fase dissolvida na água subterrânea.

Estas fontes secundárias correspondem em sua maioria a água subterrânea contaminada oriunda de fontes primárias existentes na área vizinha (Área Fonte 01), além da porção verificada diretamente abaixo de potenciais fontes primárias internas (Área Fonte 02).

Os meios contaminados na área de interesse são: o solo, na porção central da área AI-02 (ST/PMN-07) com detecção de Benzo(a)pireno; na água subterrânea, detecção de metais Bário nos Poços PM-01, PM-07, PM-12 e PM-13, Cobalto no PM-12 e compostos orgânicos: Benzeno no PM-04, Etilbenzeno e 1,2,4-trimetilbenzeno no PM-06, todos na área AI-02.


O aquífero contaminado é do tipo poroso, freático (livre), abrigado no solo argiloso a argilo-arenoso local. Na simulação de riscos da área, o nível d'água utilizado foi o valor mais conservador para a região das Áreas Fontes.

As profundidades da contaminação foram consideradas com base no tipo de cenário de risco avaliado. Para o cenário de inalação de vapores, foram utilizadas as maiores concentrações existentes na camada superficial do aquífero. Tal justificativa está embasada no fato de que o Modelo matemático de Johnson & Ettinger (1991), utilizado para cálculo da intrusão de vapores, assume como premissa que o transporte de vapores que ocorre a partir da fonte para a região do solo próxima à fundação se dá predominantemente por difusão e, secundariamente, por convecção.

Para os demais cenários, considerou-se as maiores concentrações identificadas pela metodologia convencional (poços de monitoramento amostrados em baixa vazão ou purga mínima). As maiores concentrações obtidas foram utilizadas para mapeamento das áreas fontes, comprovadas pela metodologia convencional. Uma vez que foram amostrados todos os poços de monitoramento, estas foram as concentrações utilizadas na simulação de risco.

As condições do meio consideradas na análise de risco podem ser consultadas na **Tabela 8.1-1**, que apresenta as principais características específicas do meio físico consideradas, referentes a porção leste da área de estudo, onde é verificado maior impacto, além de apresentar características de meio físico mais conservadoras para a simulação, sendo estas utilizadas para todos os cenários avaliados.

Tabela 8.1-1 – Características do Meio Físico utilizadas na avaliação de risco na área de estudo

 PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS						
PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO			ESPECÍFICO
			Referência CETESB	VALORES ESPECÍFICOS	VALORES DE CÁLCULO	
Cenários Associados a Intrusão de Vapores						
Ab	Área das Fundações	cm ²	200000,00		200000,00	
Lb	Pé Direito	cm	250,00		250,00	
Lcrk	Espessura das fundações/paredes de construções	cm	15,00		15,00	
Cenários Associados a Inalação de Vapores a partir do Solo e Água Subterrânea						
Lss	Profundidade da Fonte no Solo Subsuperficial	cm	100		100	
dss	Espessura do Solo Subsuperficial Impactado	cm	345		345	
Wss	Largura do solo subsuperficial impactado	cm	4500		4500	
Lgw	Profundidade do Nível d'Água	cm	450	250	250,00	S
T	Temperatura da Água Subterrânea	K	298		298,00	
Ww	Largura da área fonte na direção paralela ao fluxo da água subterrânea	cm	4500		4500	
ögw	Espessura da pluma dissolvida na água subterrânea	cm	200		200	
öT	Porosidade Total	-	0,460		0,460	
ps	Densidade do Solo	g/cm ³	1,300		1,300	
foc	Fração de Carbono Orgânico no Solo	g-C/g-solo	0,003		0,0030	
Cenários Associados a Lixiviação do Solo Subsuperficial para Água Subterrânea						
SIR	Taxa de infiltração no Solo	cm/ano	66,10		66,10	
Cenários Associados ao Contato Direto com Solo superficial						
Ls	Espessura do Solo Superficial Impactado	cm	100		100	
A	Área de Emissão de Vapores	cm ²	20250000		20250000	
Ws	Largura do solo superficial impactado	cm	4500		4500	
Cenários Associados ao Transporte de Contaminante em Meio Saturado						
Sd	Espessura da Fonte na Água Subterrânea	cm	200		200	
Sw	Largura da Fonte	cm	4500		4500	
i	Gradiente Hidráulico	-	0,050		0,0500	
K	Condutividade Hidráulica	cm/dia	11,23		11,23	
x	Distância entre a área fonte na água subterrânea e o Ponto de Exposição	cm	4500		4500	
öef	Porosidade Eletiva	cm ³ /cm ³	0,120		0,1200	

8.2 Receptores considerados

Para a realização desta Avaliação de Risco foram considerados os seguintes receptores:

Receptores *on site* (dentro da área de estudo):

- Residenciais: futuros moradores da área (adulto e criança), cenário hipotético;
- Trabalhadores efetivos (Comercial e Industrial): trabalhadores típicos que trabalham atualmente na área (rondas de vigias e eventuais cortes de vegetação), e trabalhadores e alunos futuros da área AI-02, cenário potencial futuro;

- Trabalhadores de obras civis: eventuais funcionários que trabalharão temporariamente dentro da área avaliada.

Receptores *off site* (fora da área de estudo):

- Residenciais: moradores da comunidade vizinha à área de estudo (adultos e crianças);
- Trabalhadores efetivos (Comercial e Industrial): trabalhadores comerciais da comunidade vizinha à área de estudo.

8.3 Parâmetros Químicos de Interesse

Para a avaliação de risco à saúde humana os compostos químicos de interesse são aqueles que apresentaram concentrações superiores aos respectivos Valores Orientadores.

Das substâncias verificadas no solo superficial e na água subterrânea, foram utilizadas as maiores concentrações identificadas, como indicado nas **Tabelas 8.3-1** e **8.3-2**.

Tabela 8.3-1 – Concentrações utilizadas no cálculo da análise de risco – solo.

Solo Superficial		
Parâmetro	Ponto de Maior Concentração	Concentração (mg/kg)
Benzo(a)pireno	ST / PMN-07	2,98

Tabela 8.3-2 – Concentrações utilizadas no cálculo da análise de risco – Água.

Água Subterrânea		
Parâmetro	Ponto de Maior Concentração	Concentração (mg/L)
Bário Dissolvido	PM-12	1,3100
Cobalto Dissolvido	PM-12	0,1040
Benzeno	PM-04	0,0653
Etilbenzeno	PM-06	0,3380
1,2,4 Trimetilbenzeno	PM-06	0,0923

Ressalta-se que caso do TPH, este parâmetro não foi considerado por não haver recursos disponíveis na ferramenta de risco utilizada para avaliá-lo.

8.4 Vias de Exposição

As vias de exposição consideradas neste estudo foram definidas a partir da situação atual e futura observada na área e entorno, por meio de levantamento de campo, entrevistas e pesquisa a dados públicos, levando em conta os critérios mais conservadores encontrados.

Leva-se em conta também as características dos compostos químicos de interesse, onde no caso avaliado, o Benzo(a)pireno, em fase retida no solo, apresenta valor baixo de pressão de vapor, sendo pouco volátil, enquanto, os compostos Benzeno e Etilbenzeno, em fase dissolvida na água subterrânea são extremamente voláteis, sendo assim, as vias de exposição referem-se à inalação de vapores em ambientes abertos e fechados, contato dermal e ingestão, a partir do solo superficial e água subterrânea.

Dado que na área atualmente não há ocupação, e para avaliação de risco foi simulado uma possível alteração do uso do solo para um cenário residencial, foram considerados como receptores de riscos: futuros moradores do local, trabalhadores efetivos (comercial e industrial), bem como os trabalhadores de obra civil.

As principais vias de exposição, receptores e elementos químicos de interesse identificados aparecem de forma resumida nas **Tabelas 8.4-1 a 8.4-3**, que representam o modelo conceitual de exposição.

Assim, foram estabelecidas, de maneira conservadora as seguintes vias de exposição para os receptores identificados na área:

- **Inalação de vapores e de partículas a partir do solo superficial:** considerado para receptores residenciais e trabalhadores efetivos *on site* e trabalhadores de obras *on site*;
- **Contato dérmico com o solo:** considerado para receptores residenciais e trabalhadores efetivos *on site* e trabalhadores de obras *on site*;
- **Ingestão de solo:** considerada para receptores residenciais, trabalhadores efetivos *on site* e trabalhadores de obras *on site*;
- **Ingestão de vegetais:** considerado para receptores residenciais;



- **Inalação de vapores em ambientes abertos e fechados a partir da água subterrânea**: considerado para receptores residenciais e trabalhadores efetivos *on site* e trabalhadores de obras *on site*;
- **Contato dérmico com a água subterrânea**: considerado para receptores residenciais e trabalhadores efetivos *on site* e *off site* e trabalhadores de obras *on site*;
- **Ingestão de água subterrânea**: considerado para receptores residenciais e trabalhadores efetivos *on site* e *off site* e trabalhadores de obras *on site*;


Tabela 8.4-1 – Modelo Conceitual de Exposição - Residentes (crianças e adultos)

		MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO											
		MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO			RESIDENCIAL URBANO							
						CRIANÇA		ADULTO					
						RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE	RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE				
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	NÃO APLICÁVEL	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	NÃO APLICÁVEL		
					PARTÍCULAS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO		<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO			
				CONTATO DÉRMICO		<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO		<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO			
		INGESTÃO		<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO						
		INGESTÃO DE VEGETAIS		<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO						
				<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO						
	SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	
				AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	
		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVAÇÃO			<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO
					AMBIENTES FECHADOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO
			USO IRRESTRITO	CONTATO DIRETO	CONTATO DÉRMICO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO
INGESTÃO					<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	
SUPERFICIAL		RECREAÇÃO	INALAÇÃO		<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	
			INGESTÃO		<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	
CONTATO DÉRMICO			<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	
SEDIMENTO	INGESTÃO			<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO		
	CONTATO DÉRMICO			<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO	<input type="checkbox"/>	FALSO		

Tabela 8.4-2 – Modelo Conceitual de Exposição – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial)

		MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO						
CETESB	MEIO FÍSICO	VIAS DE INGRESSO			TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL			
					ADULTO			
					RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE		
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO	NÃO APLICÁVEL	
					PARTÍCULAS	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO		
				CONTATO DÉRMICO		<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO		
				INGESTÃO		<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO		
				INGESTÃO DE VEGETAIS		Não APLICÁVEL		
		SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input type="checkbox"/> FALSO	<input type="checkbox"/> FALSO	
					AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/> FALSO	<input type="checkbox"/> FALSO	
			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVAÇÃO		<input type="checkbox"/> FALSO	<input type="checkbox"/> FALSO		
		ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO		AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO
						AMBIENTES FECHADOS	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO
	USO IRRESTRITO			CONTATO DIRETO	CONTATO DÉRMICO		<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO
					INGESTÃO		<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO	<input checked="" type="checkbox"/> VERDADEIRO
	SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO		NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/> FALSO		
			INGESTÃO			<input type="checkbox"/> FALSO		
			CONTATO DÉRMICO			<input type="checkbox"/> FALSO		
	SEDIMENTO	INGESTÃO			NÃO APLICÁVEL	<input type="checkbox"/> FALSO		
		CONTATO DÉRMICO				<input type="checkbox"/> FALSO		

Tabela 8.4-3 – Modelo Conceitual de Exposição – Trabalhadores de Obras Civis – Solo Superficial

		MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO								
		MEIO FÍSICO		VIAS DE INGRESSO			TRABALHADOR EM OBRAS CIMS E DE ESCAVAÇÃO			
							ADULTO			
				RECEPTOR NA FONTE	RECEPTOR FORA DA FONTE					
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	NÃO APLICÁVEL		
					PARTÍCULAS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO			
				CONTATO DÉRMICO			<input checked="" type="checkbox"/>		VERDADEIRO	
				INGESTÃO			<input checked="" type="checkbox"/>		VERDADEIRO	
	INGESTÃO DE VEGETAIS			NÃO APLICÁVEL						
	SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO			AMBIENTES ABERTOS	<input type="checkbox"/>	FALSO	NÃO APLICÁVEL		
					AMBIENTES FECHADOS	<input type="checkbox"/>	FALSO			
		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA DIVMÇÃO			<input type="checkbox"/>	FALSO				
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO			AMBIENTES ABERTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO	NÃO APLICÁVEL	
						AMBIENTES FECHADOS	<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO		
USO IRRESTRITO			CONTATO DIRETO	CONTATO DÉRMICO			<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO		
				INGESTÃO			<input checked="" type="checkbox"/>	VERDADEIRO		
SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO			NÃO APLICÁVEL		NÃO APLICÁVEL			
		INGESTÃO								
		CONTATO DÉRMICO								
SEDIMENTO	INGESTÃO			NÃO APLICÁVEL		NÃO APLICÁVEL				
	CONTATO DÉRMICO									

8.5 Descrição dos Cenários de Exposição Adotados

A partir da definição dos receptores e das vias de exposição, cenários distintos puderam ser identificados, tomados como representativos das situações mais conservadoras possíveis apresentadas.

Cenário 1: receptores residenciais (criança e adulto) da área de estudo (*on site*) através das vias de exposição por inalação em ambientes abertos e fechados a partir da água subterrânea, contato dérmico e ingestão de água subterrânea, considerando-se as maiores concentrações encontradas, bem como inalação de partículas, contato dérmico e ingestão de solo.

Cenário 2: receptores residenciais (criança e adulto) da área do entorno (*off site*) através das vias de exposição por inalação em ambientes abertos e fechados a partir da água subterrânea, contato dérmico e ingestão de água subterrânea, considerando-se as maiores concentrações encontradas.

Cenário 3: receptores comerciais efetivos da área de estudo (*on site*) através das vias de exposição por inalação em ambientes abertos e fechados a partir da água subterrânea, contato dérmico e ingestão de água subterrânea, considerando-se as maiores concentrações encontradas, bem como inalação de partículas, contato dérmico e ingestão de solo.

Cenário 4: receptores comerciais efetivos da área do entorno (*off site*) através das vias de exposição por inalação em ambientes abertos e fechados de água subterrânea, contato dérmico e ingestão de água subterrânea, considerando-se as maiores concentrações encontradas.

Cenário 5: trabalhadores temporários da obra da área de estudo (*on site*) através das vias de exposição por inalação em ambientes abertos e fechados de água subterrânea, contato dérmico e ingestão de água subterrânea, considerando-se as maiores concentrações encontradas, bem como inalação de partículas, contato dérmico e ingestão de solo.

Ressalta-se que as vias de exposição de ingestão e contato dérmico com a água subterrânea foram consideradas a fim de se elaborar cenários restritivos, porém hipotéticos, uma vez que não há nem haverá utilização da água subterrânea na área para qualquer finalidade.

8.6 Resultados Obtidos

Todas as informações da simulação e os resultados são apresentados no **Anexo XIX**.

8.6.1 CENÁRIOS 1 e 2 – Residencial (adultos e crianças) – on site e off site

Tabela 8.6.1-1 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Criança – Solo Superficial

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL												RISCO CUMULATIVO POR SOLO PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SOLO PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
			RESIDENCIAL URBANO						CRIANÇA									
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO														RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
			SUPERFICIAL						SUBSUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL	
			CONTATO DIRETO			INGESTÃO DE VEGETAIS			INALAÇÃO			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO				
INALAÇÃO		CONTATO DÉRMIICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS	INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO	INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO							
VAPORES	PARTÍCULAS																	
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0,00E+00	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
3	71-43-2	Benzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	1,28E-08	2,96E-12	1,44E-05	2,32E-05	ND	2,79E-07	NA	NA	NA	NA	NA	3,79E-05	NA		
			NC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		1,28E-08	2,96E-12	1,44E-05	2,32E-05	0,00E+00	2,79E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
		Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas		1,00E-05														
		Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas		1														
NA	Não Avaliado																	
ND	Não Disponível																	

Tabela 8.6.1-2 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Adulto – Solo Superficial

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL												RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
			RESIDENCIAL URBANO						ADULTO									
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO														RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
			SUPERFICIAL						SUBSUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL	
			CONTATO DIRETO			INGESTÃO DE VEGETAIS			INALAÇÃO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO					
INALAÇÃO		CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS	INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO	INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO									
VAPORES	PARTICULAS																	
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	0,0E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA	
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0,00E+00	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	0,0E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
3	71-43-2	Benzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,0E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,0E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,0E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	ND	0,0E+00	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	1,05E-08	2,44E-12	1,17E-05	1,24E-05	ND	5,8E-07	NA	NA	NA	NA	NA	2,47E-05	NA		
			NC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		1,05E-08	2,44E-12	1,17E-05	1,24E-05	0,00E+00	5,76E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00					
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00					
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas				1,00E-05														
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas				1														
NA	Não Avaliado																	
ND	Não Disponível																	

Tabela 8.6.1-3 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Criança – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA										RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
			RESIDENCIAL URBANO					CRIANÇA								
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO								
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO						
			AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO						
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	5,70E-02	4,17E-01	ND	ND	1,86E-02	1,36E-01			4,74E-01	1,54E-01	
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	8,48E-02	2,22E+01	ND	ND	2,76E-02	7,21E+00			2,22E+01	7,24E+00	
3	71-43-2	Benzene	C	1,15E-08	1,45E-06	2,73E-06	1,91E-05	3,88E-10	4,88E-08	9,19E-08	6,45E-07			2,33E-05	7,86E-07	
			NC	5,91E-04	7,42E-02	1,49E-01	1,04E+00	1,99E-05	2,50E-03	5,01E-03	3,52E-02			1,27E+00	4,27E-02	
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,91E-08	2,47E-06	9,34E-06	1,98E-05	1,34E-13	1,73E-11	6,52E-11	1,38E-10			3,16E-05	2,21E-10	
			NC	9,18E-05	1,19E-02	1,02E-01	2,16E-01	6,41E-10	8,30E-08	7,12E-07	1,51E-06			3,30E-01	2,30E-06	
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			ND	ND	
			NC	2,71E-03	3,39E-01	ND	ND	2,05E-23	2,57E-21	ND	ND			3,42E-01	2,59E-21	
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00			ND	ND	
			NC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND			ND	ND	
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO				SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		3,06E-08	3,92E-06	1,21E-05	3,89E-05	3,88E-10	4,88E-08	9,20E-08	6,45E-07			
				SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		3,39E-03	4,25E-01	3,92E-01	2,38E+01	1,99E-05	2,50E-03	5,12E-02	7,39E+00			
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas						1,00E-05										
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas						1										
NA	Não Avaliado															
ND	Não Disponível															

Tabela 8.6.1-4 – Avaliação de Risco – Residencial Urbano – Adulto – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGÊNICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA										RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
			RESIDENCIAL URBANO					ADULTO								
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO								
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO						
			AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO						
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	5,30E-02	1,79E-01	ND	ND	1,73E-02	5,82E-02					
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	7,88E-02	9,50E+00	ND	ND	2,56E-02	3,09E+00					
3	71-43-2	Benzene	C	1,90E-08	2,37E-06	1,27E-05	4,10E-05	6,40E-10	8,00E-08	4,27E-07	1,38E-06					
			NC	1,95E-04	2,44E-02	1,38E-01	4,47E-01	6,57E-06	8,21E-04	4,66E-03	1,51E-02					
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	3,15E-08	4,06E-06	4,34E-05	4,24E-05	2,20E-13	2,84E-11	3,03E-10	2,96E-10					
			NC	3,03E-05	3,90E-03	9,47E-02	9,26E-02	2,11E-10	2,72E-08	6,61E-07	6,47E-07					
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND					
			NC	8,94E-04	1,11E-01	ND	ND	6,77E-24	8,44E-22	ND	ND					
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00					
			NC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND					
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		5,05E-08	6,44E-06	5,61E-05	8,34E-05	6,40E-10	8,01E-08	4,27E-07	1,38E-06					
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		1,12E-03	1,40E-01	3,65E-01	1,02E+01	6,57E-06	8,21E-04	4,76E-02	3,17E+00					
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas				1,00E-05												
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas				1												
NA	Não Avaliado															
ND	Não Disponível															



8.6.2 CENÁRIOS 3 e 4 – Trabalhadores Efetivos– on site e off site

Tabela 8.6.2-1 – Avaliação de Risco – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Solo Superficial


		CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGÊNICO E NÃO CARCINOGENICO PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL										RISCO CUMULATIVO POR SOLO PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SOLO PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO		
				TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL					ADULTO								
				RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO												RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
				SUPERFICIAL					SUBSUPERFICIAL							SUBSUPERFICIAL	
CAS No.	CONTATO DIRETO			INGESTÃO DE VEGETAIS			INALAÇÃO			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO					
	INALAÇÃO		CONTATO DÉRMIICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS	INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	INALAÇÃO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO	INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO							
	VAPORES	PARTÍCULAS					AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS									
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0,00E+00	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
3	71-43-2	Benzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	3,18E-08	6,74E-12	5,48E-06	4,29E-06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	9,80E-06	NA		
			NC	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	ND	NA		
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO		SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		3,18E-08	6,74E-12	5,48E-06	4,29E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
		SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas				1,00E-05													
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas				1													
NA	Não Avaliado																
ND	Não Disponível																

Tabela 8.6.2-2 – Avaliação de Risco – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA								RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	RISCO CUMULATIVO POR SOI PARA RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO			
			TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL				ADULTO								
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO				RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO								
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO		INALAÇÃO		CONTATO DIRETO						
			AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO					
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	5,20E-03	7,41E-02	ND	ND	5,98E-04	8,51E-03	7,93E-02	9,11E-03	ND	ND
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	7,73E-03	3,93E+00	ND	ND	8,88E-04	4,52E-01	3,94E+00	4,53E-01	ND	ND
3	71-43-2	Benzene	C	1,31E-08	7,24E-07	1,04E-06	1,42E-05	1,56E-10	8,61E-09	1,23E-08	1,68E-07	1,59E-05	1,89E-07	ND	ND
			NC	1,61E-04	8,92E-03	1,36E-02	1,85E-01	1,92E-06	1,06E-04	1,61E-04	2,20E-03	2,08E-01	2,47E-03	ND	ND
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	2,18E-08	1,25E-06	3,55E-06	1,47E-05	5,36E-14	3,08E-12	8,75E-12	3,61E-11	1,95E-05	4,80E-11	ND	ND
			NC	2,51E-05	1,44E-03	9,29E-03	3,84E-02	6,18E-11	3,55E-09	2,29E-08	9,45E-08	4,91E-02	1,21E-07	ND	ND
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
			NC	7,41E-04	4,08E-02	ND	ND	1,98E-24	1,09E-22	ND	ND	4,15E-02	1,11E-22	ND	ND
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	ND	ND	ND	ND
			NC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO			SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		3,49E-08	1,97E-06	4,59E-06	2,88E-05	1,56E-10	8,62E-09	1,23E-08	1,68E-07			
			SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		9,27E-04	5,11E-02	3,58E-02	4,23E+00	1,92E-06	1,06E-04	1,65E-03	4,63E-01			
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas					1,00E-05										
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas					1										
NA	Não Avaliado														
ND	Não Disponível														

8.6.3 CENÁRIO 5 – Trabalhadores de Obras Civis – on site – solo superficial

Tabela 8.6.3-1 – Avaliação de Risco – Trabalhadores de Obras Civis – Solo Superficial

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL										RISCO CUMULATIVO POR SQI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO					ADULTO						
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO											RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO
			SUPERFICIAL					SUBSUPERFICIAL						SUBSUPERFICIAL
			CONTATO DIRETO					INALAÇÃO				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO
			INALAÇÃO		CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS						
VAPORES	PARTICULAS													
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0,00E+00	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND		
			NC	ND	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
3	71-43-2	Benzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND		
			NC	7,53E-02	2,52E-09	ND	ND	NA	NA	NA	NA	7,53E-02		
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND		
			NC	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND		
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO	SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
	SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		7,53E-02	2,52E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00				
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05											
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1											
NA	Não Avaliado													
ND	Não Disponível													

Tabela 8.6.3-2 – Avaliação de Risco – Trabalhadores de Obras Civis – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	RISCO CARCINOGENICO E NÃO CARCINOGENICO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA										RISCO CUMULATIVO POR SÓI PARA RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO
			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO					ADULTO					
			RECEPTOR NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					RECEPTOR FORA DA FONTE DE CONTAMINAÇÃO					
			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO			INALAÇÃO		CONTATO DIRETO			
			AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	AMBIENTES ABERTOS	AMBIENTES FECHADOS	CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO			
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	
			NC	ND	ND	2,08E-02	7,41E-02	NA	NA	NA	NA	9,49E-02	
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	
			NC	ND	ND	3,09E-02	3,93E+00	NA	NA	NA	NA	3,97E+00	
3	71-43-2	Benzene	C	1,20E-09	7,43E-08	3,32E-07	1,13E-06	NA	NA	NA	NA	1,54E-06	
			NC	1,84E-04	1,14E-02	5,43E-02	1,85E-01	NA	NA	NA	NA	2,51E-01	
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,97E-09	1,28E-07	1,14E-06	1,17E-06	NA	NA	NA	NA	2,44E-06	
			NC	2,83E-05	1,84E-03	3,72E-02	3,84E-02	NA	NA	NA	NA	7,74E-02	
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	
			NC	0,00E+00	0,00E+00	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	NA	NA	NA	NA	ND	
			NC	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	ND	
RISCO CUMULATIVO POR CENÁRIO			SUBSTÂNCIAS CARCINOGENICAS		3,16E-09	2,02E-07	1,47E-06	2,30E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
			SUBSTÂNCIAS NÃO CARCINOGENICAS		2,13E-04	1,33E-02	1,43E-01	4,23E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas					1,00E-05								
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas					1								
NA	Não Avaliado												
ND	Não Disponível												

8.7 Interpretação da Avaliação de Risco

Para os cenários avaliados foi verificado risco para os seguintes cenários no solo:

- Cenário 1 - Residentes Crianças – *on site*:
 - Contato Dérmico – risco carcinogênico para Benzo(a)Pireno;
 - Ingestão de solo superficial - risco carcinogênico para Benzo(a)Pireno.
- Cenário 1 - Residentes Adultos – *on site*:
 - Contato Dérmico – risco carcinogênico para Benzo(a)Pireno;
 - Ingestão de solo superficial - risco carcinogênico para Benzo(a)Pireno.
- Cenário 3 – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – *on site*:
 - Não foram verificados riscos para este cenário.
- Cenário 5 – Trabalhadores temporários (Obras Civas) – *on site*:
 - Não foram verificados riscos para este cenário.

Com relação às contaminações identificadas na água subterrânea foram verificados os seguintes riscos:

- Cenário 1 – Residentes Crianças – *on site*:
 - Contato Dérmico – não foi verificado risco para as substâncias individuais, no entanto, foi apontado risco cumulativo;
 - Ingestão de água subterrânea – risco não carcinogênico para, benzeno e cobalto; e risco carcinogênico para Benzeno e Etilbenzeno. Foram verificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos cumulativos para este cenário.
- Cenário 2 – Residentes Crianças – *off site*:
 - Ingestão de água subterrânea – risco não carcinogênico para cobalto e risco não carcinogênico cumulativo para este cenário.

- Cenário 1 – Residentes Adultos – *on site*:
 - Contato Dérmico – risco carcinogênico para Benzeno e Etilbenzeno. Foi verificado risco carcinogênico cumulativo para este cenário;
 - Ingestão de água subterrânea – risco não carcinogênico para cobalto, e risco carcinogênico para Benzeno e Etilbenzeno. Foram verificados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos cumulativos para este cenário.
- Cenário 2 – Residentes Adultos – *off site*:
 - Ingestão de água subterrânea – risco não carcinogênico para cobalto e risco não carcinogênico cumulativo para este cenário.
- Cenário 3 – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – *on site*:
 - Ingestão de água subterrânea – risco não carcinogênico para cobalto, e risco carcinogênico para Benzeno e Etilbenzeno.
- Cenário 4 – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – *off site*:
 - Não foram verificados riscos para este cenário.
- Cenário 5 – Trabalhadores temporários (Obras Civis) – *on site*
 - Ingestão de água subterrânea – risco não carcinogênico para, cobalto. Foi verificado risco não carcinogênico cumulativo para este cenário.

8.8 Concentrações Máximas Aceitáveis para a Área (CMA)

As Concentrações Máximas Aceitáveis para a Área (CMA, ou SSTL, na versão inglesa) se referem às concentrações máximas permitidas dos compostos químicos de interesse, que devem ser alcançadas para que os riscos deixem de existir.

Na área avaliada, de forma conservadora, foram calculados os valores de CMA para todos os cenários e todas as vias, mesmo hipotéticas, para que no futuro as concentrações encontradas no local possam ser comparadas. Tais concentrações se encontram nas **Tabelas 8.8.1-1 a 8.8.3-2**.



Na **Tabela 8.8-1**, são comparadas as concentrações máximas alcançadas no local com os valores mais restritivos encontrados pelas CMAs aplicáveis, calculadas para água subterrânea nos cenários e receptores já considerados.

8.8.1 CENÁRIOS 1 e 2 – Residencial (adultos e crianças) – on site

Tabela 8.8.1-1 – CMAs – Residencial Urbano – Criança – Solo Superficial

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL																		
			RESIDENCIAL URBANO								CRIANÇA										
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO																NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO		
			SUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL		
CONTATO DIRETO				INGESTÃO DE VEGETAIS				INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS				INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS				INALAÇÃO		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO	LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA		
INALAÇÃO		CONTACTO DÉRMICO		INGESTÃO		INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		mg/kg		mg/kg	mg/kg				
VAPORES	PARTÍCULAS	mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg				
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0		
			NC	ND	0	4,61E+07	0	ND	0	1,56E+04	0	1,71E+06	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	1,23E+06	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	5,54E+05	0	ND	0	2,35E+01	0	1,74E+03	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
3	71-43-2	Benzene	C	7,13E+02	0	1,42E+09	0	ND	0	1,71E+02	0	ND	0	9,52E+00	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	1,39E+03	0	2,77E+09	0	ND	0	3,13E+02	0	ND	0	1,75E+01	0	NA	0	NA	0	NA	0
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	2,22E+03	0	4,43E+09	0	ND	0	8,53E+02	0	ND	0	8,12E+01	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	4,63E+04	0	9,23E+10	0	ND	0	7,82E+03	0	ND	0	7,44E+02	0	NA	0	NA	0	NA	0
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	3,24E+02	0	6,46E+08	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	2,33E+03	0	1,01E+07	0	2,07E+00	1	1,29E+00	2	ND	0	1,07E+02	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05																		
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1																		
NA	Não Avaliado																				
ND	Não Disponível																				

Tabela 8.8.1-2 – CMAs – Residencial Urbano – Adulto – Solo Superficial


 CONTAMINANTE CAS No.		EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL																
			RESIDENCIAL URBANO								ADULTO								
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO																NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO
			SUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL
CONTATO DIRETO				INGESTÃO DE VEGETAIS				INALAÇÃO				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA					
INALAÇÃO		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA			
VAPORES	PARTÍCULAS																		
mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg			
1	7440-39-3	Barium	C	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
			NC	ND	2,80E+08	ND	1,46E+05	4,26E+06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	1,49E+06	ND	ND	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
			NC	ND	3,36E+06	ND	2,19E+02	4,26E+03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
3	71-43-2	Benzene	C	8,65E+02	1,72E+09	ND	3,19E+02	NA	4,59E+00	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
			NC	8,43E+03	1,68E+10	ND	2,92E+03	NA	4,21E+01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	2,70E+03	5,37E+09	ND	1,59E+03	NA	3,91E+01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
			NC	2,81E+05	5,60E+11	ND	7,30E+04	NA	1,79E+03	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	ND	ND	ND	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
			NC	1,97E+03	3,92E+09	ND	ND	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	2,83E+03	1,22E+07	2,54E+00	2,40E+00	NA	5,17E+01	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
			NC	ND	ND	ND	ND	NA	ND	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA			
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05																
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1																
NA	Não Avaliado																		
ND	Não Disponível																		

Tabela 8.8.1-3 – CMAs – Residencial Urbano – Criança – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA																
			RESIDENCIAL URBANO								CRIANÇA								
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO								NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO								
			INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				
			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		
mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L					
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	2,29E+01	0	3,13E+00	0	ND	0	ND	0	7,03E+01	0	9,61E+00	0
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	1,23E+00	0	4,69E-03	22	ND	0	ND	0	3,77E+00	0	1,44E-02	7
3	71-43-2	Benzene	C	5,67E+01	0	4,51E-01	0	2,39E-01	0	3,41E-02	2	1,68E+03	0	1,34E+01	0	7,10E+00	0	1,01E+00	0
			NC	1,11E+02	0	8,80E-01	0	4,39E-01	0	6,26E-02	1	3,28E+03	0	2,61E+01	0	1,30E+01	0	1,86E+00	0
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,77E+02	0	1,37E+00	0	3,62E-01	1	1,71E-01	2	2,53E+07	0	1,96E+05	0	5,18E+04	0	2,44E+04	0
			NC	3,68E+03	0	2,85E+01	0	3,32E+00	0	1,56E+00	0	5,27E+08	0	4,07E+06	0	4,75E+05	0	2,24E+05	0
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			NC	3,40E+01	0	2,72E-01	0	ND	0	ND	0	4,50E+21	0	3,59E+19	0	ND	0	ND	0
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	1,05E+03	0	1,68E+01	0	3,77E-05	0	2,57E-04	0	4,16E+194	0	6,64E+192	0	1,49E+187	0	1,02E+188	0
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05																
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1																
NA	Não Avaliado																		
ND	Não Disponível																		

Tabela 8.8.1-4 – CMAs – Residencial Urbano – Adulto – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA																
			RESIDENCIAL URBANO								ADULTO								
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO								NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO								
			INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				
			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		
mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L					
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	2,46E+01	0	7,30E+00	0	ND	0	ND	0	7,57E+01	0	2,24E+01	0
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	1,32E+00	0	1,10E-02	9	ND	0	ND	0	4,06E+00	0	3,36E-02	3
3	71-43-2	Benzene	C	3,44E+01	0	2,75E-01	0	5,16E-02	1	1,59E-02	4	1,02E+03	0	8,16E+00	0	1,53E+00	0	4,73E-01	0
			NC	3,35E+02	0	2,68E+00	0	4,73E-01	0	1,46E-01	0	9,95E+03	0	7,95E+01	0	1,40E+01	0	4,33E+00	0
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,07E+02	0	8,32E-01	0	7,79E-02	4	7,96E-02	4	1,54E+07	0	1,19E+05	0	1,12E+04	0	1,14E+04	0
			NC	1,12E+04	0	8,67E+01	0	3,57E+00	0	3,65E+00	0	1,60E+09	0	1,24E+07	0	5,11E+05	0	5,23E+05	0
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	1,03E+02	0	8,28E-01	0	ND	0	ND	0	1,36E+22	0	1,09E+20	0	ND	0	ND	0
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	6,38E+02	0	1,02E+01	0	8,12E-06	0	1,20E-04	0	2,52E+194	0	4,04E+192	0	3,21E+186	0	4,75E+187	0
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas				1,00E-05															
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas				1															
NA	Não Avaliado																		
ND	Não Disponível																		

8.8.2 CENÁRIOS 3 e 4 – Trabalhadores Efetivos– on site e off site

Tabela 8.8.2-1 – CMAs – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Solo Superficial

		CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL	TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL																ADULTO				NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO		
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO																SUBSUPERFICIAL						
CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	SUPERFICIAL								SUBSUPERFICIAL														
			CONTATO DIRETO				INGESTÃO DE VEGETAIS				INALAÇÃO				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO										
			INALAÇÃO		CONTATO DÉRMI- CO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS	INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA												
			VAPORES	PARTÍCULAS					mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg										
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg														
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0		
			NC	ND	0	8,44E+07	0	ND	0	3,52E+05	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	5,40E+05	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	1,01E+06	0	ND	0	5,29E+02	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
3	71-43-2	Benzene	C	2,61E+02	0	6,24E+08	0	ND	0	9,23E+02	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	2,12E+03	0	5,07E+09	0	ND	0	7,05E+03	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	8,14E+02	0	1,95E+09	0	ND	0	4,61E+03	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	7,07E+04	0	1,69E+11	0	ND	0	1,76E+05	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	4,95E+02	0	1,18E+09	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	9,36E+02	0	4,42E+06	0	5,44E+00	1	6,95E+00	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05																						
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1																						
NA	Não Avaliado																								
ND	Não Disponível																								

Tabela 8.8.2-2 – CMAs – Trabalhadores Efetivos (Comercial e Industrial) – Aquífero Freático – Nível Raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA																
			TRABALHADOR COMERCIAL E INDUSTRIAL								ADULTO								
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO								NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO								
			INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				
			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		
mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L					
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	2,51E+02	0	1,76E+01	0	ND	0	ND	0	2,19E+03	0	1,53E+02	0
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	1,34E+01	0	2,64E-02	4	ND	0	ND	0	1,17E+02	0	2,30E-01	0
3	71-43-2	Benzene	C	4,98E+01	0	9,01E-01	0	6,30E-01	0	4,61E-02	1	4,19E+03	0	7,58E+01	0	5,30E+01	0	3,88E+00	0
			NC	4,05E+02	0	7,32E+00	0	4,81E+00	0	3,52E-01	0	3,40E+04	0	6,16E+02	0	4,05E+02	0	2,96E+01	0
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,55E+02	0	2,71E+00	0	9,52E-01	0	2,31E-01	1	6,30E+07	0	1,10E+06	0	3,86E+05	0	9,36E+04	0
			NC	1,35E+04	0	2,35E+02	0	3,64E+01	0	8,81E+00	0	5,47E+09	0	9,53E+07	0	1,48E+07	0	3,57E+06	0
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			NC	1,25E+02	0	2,26E+00	0	ND	0	ND	0	4,67E+22	0	8,47E+20	0	ND	0	ND	0
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	9,24E+02	0	3,79E+01	0	9,92E-05	0	3,48E-04	0	1,04E+195	0	4,24E+193	0	1,11E+188	0	3,90E+188	0
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05																
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1																
NA	Não Avaliado																		
ND	Não Disponível																		

8.8.3 CENÁRIO 5 – Trabalhadores de Obras Civis – on site – solo superficial

Tabela 8.8.3-1 – CMAs – Trabalhadores de Obras Civis – Solo Superficial

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL																				
			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO									ADULTO											
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO																		NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO		
			SUPERFICIAL									SUBSUPERFICIAL									SUBSUPERFICIAL		
			CONTATO DIRETO						INGESTÃO DE VEGETAIS			INALAÇÃO			INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO	LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA							
INALAÇÃO		CONTATO DÉRMIICO		INGESTÃO		INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		mg/kg	mg/kg								
VAPORES	PARTÍCULAS																						
mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg								
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	8,44E+07	0	ND	0	8,81E+04	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	6,76E+06	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	1,01E+06	0	ND	0	1,32E+02	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
3	71-43-2	Benzene	C	2,61E+02	0	7,80E+09	0	ND	0	2,88E+03	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	1,70E+02	0	5,07E+09	0	ND	0	1,76E+03	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	8,14E+02	0	2,43E+10	0	ND	0	1,44E+04	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	5,65E+03	0	1,69E+11	0	ND	0	4,41E+04	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	3,96E+01	0	1,18E+09	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	3,31E+03	0	5,53E+07	0	6,80E+01	0	2,17E+01	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas				1,00E-05																			
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas				1																			
NA	Não Avaliado																						
ND	Não Disponível																						

Tabela 8.8.3-2 – CMAs – Trabalhadores de Obras Civis – Aquífero freático – Nível raso

CAS No.	CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA															
			TRABALHADOR EM OBRAS CIVIS E DE ESCAVAÇÃO								ADULTO							
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO								NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO							
			INALAÇÃO				CONTATO DIRETO				INALAÇÃO				CONTATO DIRETO			
			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DÉRMICO		INGESTÃO	
mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L				
1	7440-39-3	Barium	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	
			NC	ND	0	ND	0	6,28E+01	0	1,76E+01	0	NA	0	NA	0	NA	0	
2	7440-48-4	Cobalt	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	
			NC	ND	0	ND	0	3,36E+00	0	2,64E-02	4	NA	0	NA	0	NA	0	
3	71-43-2	Benzene	C	5,45E+02	0	8,79E+00	0	1,97E+00	0	5,77E-01	0	NA	0	NA	0	NA	0	
			NC	3,54E+02	0	5,71E+00	0	1,20E+00	0	3,52E-01	0	NA	0	NA	0	NA	0	
4	100-41-4	Ethylbenzene	C	1,72E+03	0	2,64E+01	0	2,98E+00	0	2,88E+00	0	NA	0	NA	0	NA	0	
			NC	1,19E+04	0	1,84E+02	0	9,09E+00	0	8,81E+00	0	NA	0	NA	0	NA	0	
5	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	
			NC	1,09E+02	0	1,77E+00	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	
6	50-32-8	Benzo[a]pyrene	C	6,36E+03	0	3,54E+02	0	3,10E-04	0	4,34E-03	0	NA	0	NA	0	NA	0	
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	NA	0	NA	0	NA	0	
Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas			1,00E-05															
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas			1															
NA	Não Avaliado																	
ND	Não Disponível																	

Tabela 8.8-1 – Valores máximos encontrados e CMAs calculados (mg/L)

Parâmetro	Concentração Máxima Encontrada	Risco	CMA			
			Inalação de vapores		Contato Dérmico	Ingestão
			Ambiente aberto	Ambiente Fechado		
Solo						
Residencial Urbano Crianças						
Benzo[a]pireno	2,98E+00	C	2,33E+03	1,01E+07	2,07E+00	1,29E+00
		NC	ND	ND	ND	ND
Residencial Urbano Adultos						
Benzo[a]pireno	2,98E+00	C	2,83E+03	1,22E+07	2,54E+00	2,40E+00
		NC	ND	ND	ND	ND
Água Subterrânea						
Residencial Urbano Crianças <i>on site</i>						
Cobalto	1,04E-01	C	ND	ND	ND	ND
		NC	ND	ND	1,23E+00	4,69E-03
Benzeno	6,53E-02	C	4,97E+01	4,17E-01	2,39E-01	3,41E-02
		NC	9,68E+01	8,13E-01	4,39E-01	6,26E-02
Etilbenzeno	3,38E-01	C	1,57E+02	1,27E+00	3,62E-01	1,71E-01
		NC	3,26E+03	2,64E+01	3,32E+00	1,56E+00
Residencial Urbano Crianças <i>off site</i>						
Cobalto	1,04E-01	C	ND	ND	ND	ND
		NC	ND	ND	3,77E+00	1,44E-02
Residencial Urbano Adultos <i>on site</i>						
Cobalto	1,04E-01	C	ND	ND	ND	ND
		NC	ND	ND	1,32E+00	1,10E-02
Benzeno	6,53E-02	C	3,01E+01	2,54E-01	5,16E-02	1,59E-02
		NC	2,94E+02	2,48E+00	4,73E-01	1,46E-01
Etilbenzeno	3,38E-01	C	9,50E+01	7,72E-01	7,79E-02	7,96E-02
		NC	9,90E+03	8,04E+01	3,57E+00	3,65E+00
Residencial Urbano Adultos <i>off site</i>						
Cobalto	1,04E-01	C	ND	ND	ND	ND
		NC	ND	ND	4,06E+00	3,36E-02
Trabalhadores comerciais e industriais <i>on site</i>						
Cobalto	1,04E-01	C	ND	ND	ND	ND
		NC	ND	ND	1,34E+01	2,64E-02
Benzeno	6,53E-02	C	4,98E+01	9,01E-01	6,30E-01	4,61E-02
		NC	4,05E+02	7,32E+00	4,81E+00	3,52E-01
Etilbenzeno	3,38E-01	C	1,55E+02	2,71E+00	9,52E-01	2,31E-01
		NC	1,35E+04	2,35E+02	3,64E+01	8,81E+00
Trabalhadores obras civis e escavação <i>on site</i>						
Cobalto	1,04E-01	C	ND	ND	ND	ND
		NC	ND	ND	3,36E+00	2,64E-02

* C: Risco Carcinogênico

* NC: Risco Não Carcinogênico



Assim, observadas as concentrações comparadas, nota-se que os principais riscos estão associados ao cenário Residencial Urbano, *on site* e *off site*, havendo riscos também nos cenários de Trabalhadores Comerciais e industriais *on site* e Trabalhadores de obras civis e escavação *on site*.

Para o cenário de exposição para uso residencial urbano foram verificados principalmente os riscos de ingestão e contato dérmico a partir do solo e da água subterrânea para os futuros residentes do local. Em contrapartida, não haverá riscos para residentes do entorno, pois não existem áreas residenciais próximas aos limites do terreno. Para o cálculo destes riscos foi utilizada distância *default* da planilha de risco, conservadora, de 45 metros, entre a fonte e os receptores potenciais. Porém, não é verificada existência de áreas residenciais a menos de 300 metros dos limites da USP Leste, distancia que, inserida no modelo, elimina quaisquer riscos para receptores residenciais urbanos *off site*, seja para adulto ou criança. Ademais, as plumas de contaminação estão restritas à propriedade da USP, e, de acordo com o modelo de fluxo, compostos orgânicos não devem sair da área, e os inorgânicos migram para o rio. Assim, conclui-se que as vias de exposição para os cenários 1 e 2, não se completarão.

Os cenários de Trabalhadores Comerciais e Industriais *on site* e Trabalhadores de obras civis e escavações *on site* apresentaram riscos essencialmente de ingestão. Tal via de exposição não se completará, uma vez não está prevista captação de água para consumo humano do subsolo local nas futuras instalações da USP Leste.

No entanto, nenhum dos riscos apresentados irão se concretizar no momento, pois a área não apresenta nenhum dos cenários abordados. Estes cenários representam os possíveis usos futuros da área, portanto, é relevante que sejam avaliados os riscos associados a cada cenário, caso haja uma mudança de uso do solo na área

Tendo em vista o exposto, tem-se que os riscos associados às anomalias encontradas no subsolo da USP Leste não são significativos.



Legenda

Cenário 1 - Residencial

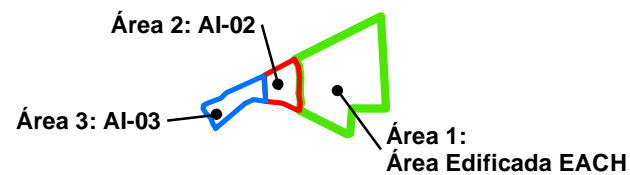
Risco para Contato Dérmico e ingestão de solo devido o Benzo(a)pireno

Cenário 2 - Comercial

Risco não identificado

- Poços de Monitoramento
- Sondagem Detalhada
- Sondagem para Delimitação de TPH no solo
- Anomalia de TPH

Área de Estudo:

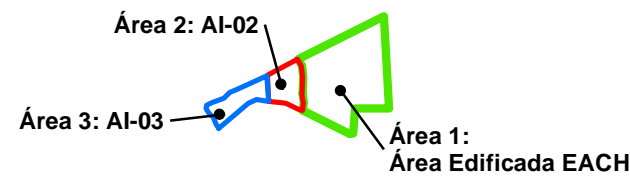


	Título: Mapa de Risco à Saúde Humana - Solo	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 53	



Legenda		Risco para Ingestão		Poço de Monitoramento	
Risco para Contato Dérmico		Cenário 1 - Residencial - Adulto e Criança		◆ Poço de Monitoramento Raso	
Cenário 1 - Residencial - Adulto		Cenário 3 - Comercial/Industrial		◆ Poço de Monitoramento Profundo	
■ Benzeno	■ Benzeno	■ Benzeno	■ Benzeno		
■ Etilbenzeno	■ Cobalto	■ Etilbenzeno	■ Cobalto		
	■ Etilbenzeno	■ Cobalto	■ Cobalto		
	Cenário 5 - Trabalhador Obra Civil				
	■ Cobalto				

Área de Estudo:



	Título: Mapa de Risco à Saúde Humana Água Subterrânea	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 54	

9. PLANO DE INTERVENÇÃO

A Decisão de Diretoria CETESB nº 103/2007/C/E, de 22 de junho de 2007 dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas e também sobre a elaboração das propostas de intervenção ou gerenciamento do risco.

Quando não for caracterizada situação de perigo e não for verificada situação de risco à saúde igual ou superior aos níveis aceitáveis, a área inicialmente classificada como AI passará a ser classificada como AMR. Nesta situação, a CETESB exigirá o monitoramento para encerramento, com o objetivo de verificar se as concentrações das substâncias de interesse se mantêm abaixo das metas de remediação definidas para a área.

Dentre as ações que poderão ser adotadas no processo de gerenciamento do risco destacam-se: a adoção de medidas emergenciais, a aplicação de técnicas de remediação, o estabelecimento de medidas de controle institucional ou de engenharia, além do monitoramento para encerramento. Ainda, dependendo das especificidades do caso, as medidas de intervenção poderão ser adotadas em conjunto ou separadamente.

De acordo com os resultados obtidos no estudo atual de Investigação Detalhada, apesar de ter detectado algumas substâncias com concentrações acima dos valores de intervenção no solo e na água subterrânea, não foi identificado risco à saúde humana inaceitável para as condições atuais do terreno.

Para o **Cenário Potencial Futuro** – uso Comercial, em que a área deverá ser utilizada para expansão das atividades acadêmicas da Universidade, o único risco associado é de ingestão de água subterrânea. Porém, a via de exposição não existirá, uma vez que não está prevista a utilização do lençol freático local para consumo humano. Ainda assim, recomenda-se estabelecer como **medida de controle institucional** a restrição ao consumo e ao acesso à água subterrânea do aquífero freático local, visando a eliminação de quaisquer riscos à saúde humana associados à contaminação existente.

Recomenda-se o monitoramento de água subterrânea nos poços impactados, por dois ciclos hidrológicos, com a finalidade de avaliar a atenuação natural dos contaminantes encontrados ao longo do tempo e validar a não detecção de risco para o cenário futuro que poderá ser adotado, uso Comercial.

Com relação ao solo impactado por TPH, e considerando-se o uso futuro Comercial, não é considerado obrigatório a remoção desse material, pois, além da via de exposição com esse material não se concretizar pois o mesmo encontra-se a 2,00 metros de profundidade o TPH encontrado não é volátil o suficiente para causar risco de inalação em ambiente fechado.

Dessa forma, a retirada desse solo subsuperficial impactado poderá ocorrer após sua caracterização segundo a Norma ABNT NBR 10004:2004; e também de acordo com as boas práticas de engenharia e do projeto futuro, principalmente, se houver necessidade de escavação para implantação de construções nos locais que foram identificados TPH no solo subsuperficial. No caso de obras civis e construção, ressalta-se a necessidade de utilização de equipamentos de proteção individual adequados, plano de contingência e plano de comunicação de risco.

A presença de gás metano no subsolo regional foi observada em alguns poços de monitoramento de gases (PMGs), sendo importante que nos locais onde detectou-se as maiores concentrações sejam tomadas medidas visando eliminar possíveis riscos associados ao acúmulo desses gases nas futuras instalações. Para tanto, recomenda-se adoção de **medidas de engenharia** nas futuras instalações, como a implantação de sistemas de extração de gás metano, sistemas de ventilação ou ainda edificações elevadas.

Considerando o **Cenário Hipotético Futuro** – uso Residencial, é recomendada a remoção do solo impactado por TPH, e análise do solo removido para orientar sua destinação final. Mantem-se as demais recomendações.

A **Tabela 9-1** apresenta um resumo das ações que poderão ser adotadas em diferentes cenários de uso futuro.

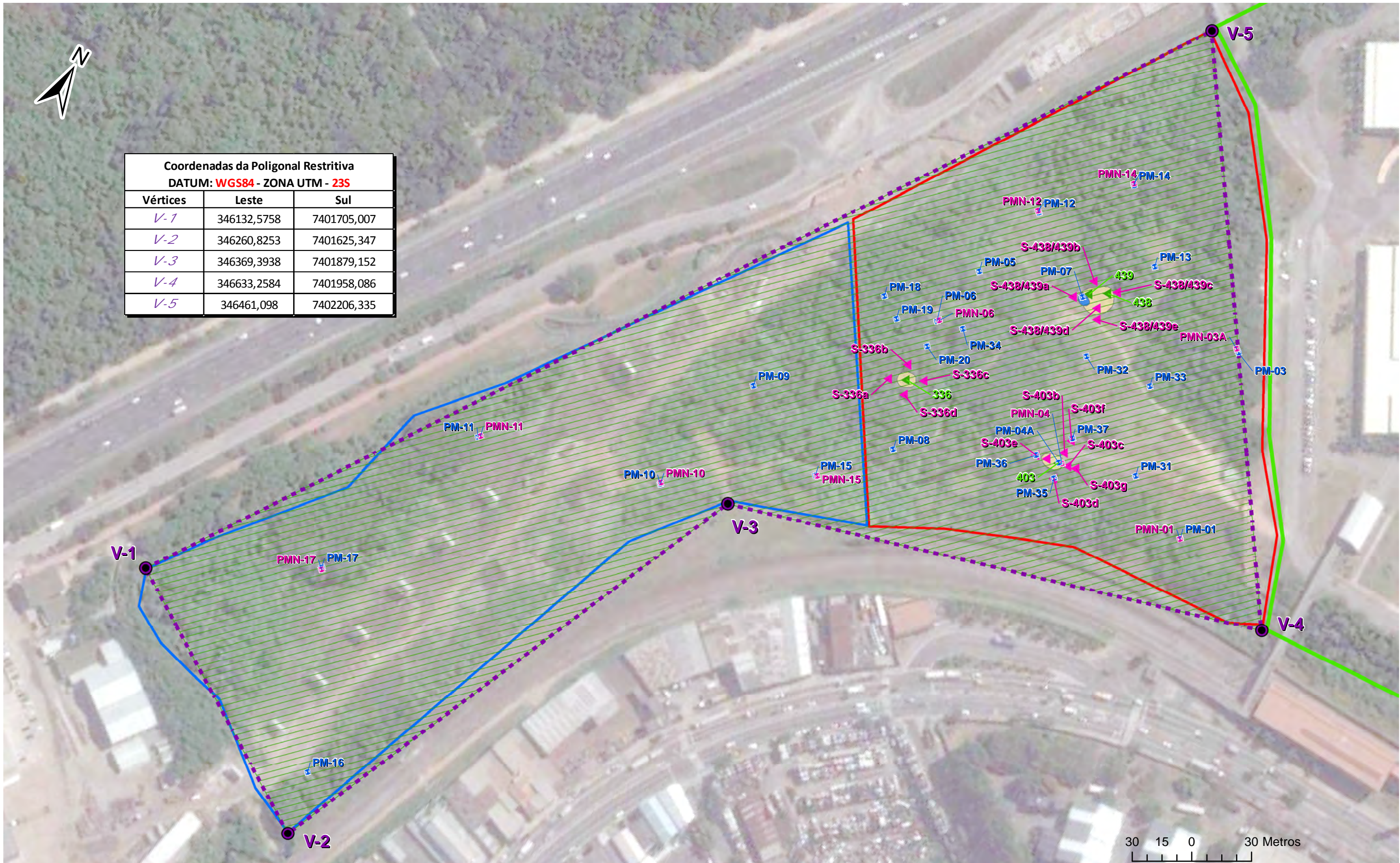
A **Figura 55** apresenta o mapa de restrição do uso da água subterrânea nas áreas AI-02 e AI-03 e os locais de intervenção de acordo com o uso futuro. 0

Tabela 9-1 – Cenários de Risco à Saúde Humana e Medidas de Intervenção

Cenários da Avaliação de Risco à Saúde Humana		Medidas de Intervenção
Cenário 1 - Residencial Urbano - Adultos e crianças on site	Risco carcinogênico contato dérmico e ingestão Benzo(a)pireno no solo adultos e crianças	Caso o uso futuro declarado para a área seja alterado para Residencial Urbano, recomenda-se a seguinte medida visando eliminar risco de contato com solo contaminado: (1) Medida de Engenharia: Remoção do solo contaminado com Benzo(a)pireno, através de escavação e destinação adequada. A área de ocorrência coincide com uma área de detecção de TPH no solo. Assim, recomenda-se a remoção do solo impactado por TPH.
	Risco de ingestão de água subterrânea não carcinogênico para cobalto e carcinogênico para benzeno e etilbenzeno, para adultos e crianças.	(2) Medida de Controle Institucional: Restrição do uso de água subterrânea do aquífero freático local, para qualquer fim, os futuros empreendimentos deverão utilizar da água da rede de abastecimento, bem como uso da rede de esgoto da concessionária (atualmente a Sabesp).
	Risco carcinogênico de contato dérmico com água subterrânea impactada por benzeno e etilbenzeno, para adultos	
Cenário 2 - Residencial Urbano - Adultos e crianças off site	Risco de ingestão não carcinogênico de água com cobalto, para adultos e crianças	Ademais, recomenda-se o Monitoramento dos poços de água subterrânea onde foram encontradas anomalias por dois ciclos hidrológicos, visando confirmar a não detecção do risco.
Cenário 3 - Trabalhadores comerciais on site	Risco de ingestão não carcinogênico para cobalto e carcinogênico para benzeno e etilbenzeno	
Cenário 5 - Trabalhadores obras civis on site	Risco de ingestão não carcinogênico para cobalto	



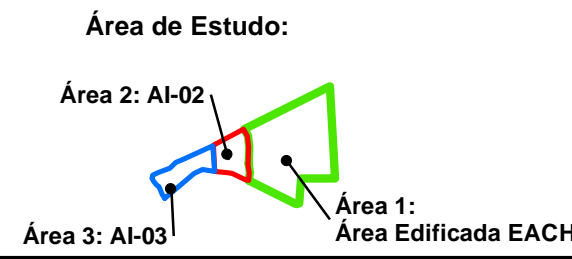
Coordenadas da Poligonal Restritiva		
DATUM: WGS84 - ZONA UTM - 23S		
Vértices	Leste	Sul
V-1	346132,5758	7401705,007
V-2	346260,8253	7401625,347
V-3	346369,3938	7401879,152
V-4	346633,2584	7401958,086
V-5	346461,098	7402206,335



- Legenda**
- Medidas Cenário Comercial**
- TPH - Gerenciamento do solo em caso de escavação
- Medidas Cenário Residencial**
- TPH - Remoção de Solo
 - Benzo(a)pireno - Remoção de Solo

- Medidas de controle institucional Para qualquer cenário**
- Polígono de restrição ao consumo de água subterrânea
 - Restrição uso da água

- Poço de Monitoramento Raso
- Poço de Monitoramento Profundo
- Sondagem para Delimitação de TPH no solo
- Sondagem Detalhada
- Vértice da poligonal restritiva



	Título: Restrição ao Uso da água Subterrânea e intervenção no Solo	Projeto: Contrato nº 11/2015 INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL DETALHADA, AVALIAÇÃO DE RISCOS TOXICOLÓGICOS NA ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES DA USP	Data: Janeiro 2017	Escala: Gráfica
	Cliente: Superintendência do Espaço Físico da Universidade de São Paulo – SEF/USP	Local: Município de São Paulo - SP	FIGURA 55	

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos de Investigação Ambiental Detalhada executados nas áreas AI-02 e AI-03 da USP Leste seguiram as orientações do Termo de Referência presente no Anexo II – Material Técnico no Edital de Concorrência nº 001/2015.

O início dos trabalhos em agosto de 2015 foi auxiliado com a mobilização do canteiro de obras e cravação de 600 estacas juntamente com o levantamento topográfico georreferenciado.

As 564 sondagens executadas por meio do equipamento Geoprobe com profundidade média de 6,00 metros divididas em 19 Unidades de Decisão tiveram como principal objetivo avaliar a qualidade do solo presente no terreno, sobretudo do solo de origem externa utilizado para aterrar principalmente as áreas AI-01 e AI-02. E, conforme Parecer Técnico do Ministério Público Estado de São Paulo de 01 de novembro de 2013: *“entre outubro/2010 e outubro/2011 ocorreu a disposição de terra com origem desconhecida no local para fins de terraplanagem, sem as aprovações ambientais, sendo sua quantidade estimada em 109.000 m³ correspondente a 6.055 caminhões”*.

Nos primeiros dias de trabalho em campo observou-se que os solos obtidos nos liners das sondagens não apresentaram indícios de contaminação que poderia se esperar devido a todas informações vinculadas sobre a “contaminação” na USP Leste. Ao final das sondagens e com a chegada dos resultados laboratoriais das amostras de solo, a percepção da boa condição do solo se confirmou mostrando que apenas contaminações pontuais foram detectadas, principalmente nas Sondagens S-336, S-403 e S-438/S-439.

Nestas sondagens foram acrescidas análises de TPH *fingerprint* pois, apesar dos equipamentos portáteis não detectarem compostos voláteis e as análises de VOC e SVOC também não apresentarem substâncias acima dos valores de intervenção, observou-se pelas descrições tátil-visuais a presença de borra de óleo; sendo que apenas o TPH *fingerprint* detectou concentrações acima dos valores de intervenção e o perfil cromatográfico apontou a presença de compostos derivados do petróleo eluindo nas faixas do óleo diesel (intemperizado), óleo lubrificante e até querosene.

Nas áreas AI-02 e AI-03, inicialmente foram instalados 28 poços de monitoramento (sendo 17 rasos e 11 profundos) distribuídos de forma a avaliar a qualidade das

aguas subterrânea da área como um todo, em especial nas áreas com potencial de contaminação, como por exemplo: locais com leituras de VOC com PID; ST-25, ST-26 e ST-30 da Servmar (2012); detecção de TPH no solo; detecção de VOC no solo; detecção de odor durante a sondagem; e em locais que foram aterrados conforme imagens aéreas e descrição dos perfis de sondagens em campo.

Os principais resultados laboratoriais das amostras de água subterrânea indicaram a presença de Benzeno no PM-04, Etilbenzeno e 1,2,4-trimetilbenzeno no PM-06 acima dos valores de intervenção da CETESB (2014). Dessa forma, foram instalados mais 9 (nove) poços, sendo três para delimitação do PM-04, três para delimitação do PM-06 e mais 3 poços (PM-31, PM-32 e PM-33) na área central do aterro da área AI-02, que apesar de não terem sido detectados indícios de contaminação, foram instalados de forma a abranger mais áreas de amostragem de água subterrânea e diminuir as incertezas com as áreas investigadas. Os resultados laboratoriais da nova campanha de amostragem de água subterrânea não apresentaram concentrações de substâncias acima do valor de intervenção.

Com relação aos resultados de metano obtidos na medição dos parâmetros com Landtec GEM 5000 plus, para os poços que apresentaram concentrações entre o limite inferior de explosividade – 5% v/v e 30% v/v, de acordo com a ASTM E2993-16, não deverá ser adotada nenhuma medida técnica, visto que os valores de pressões relativas ficaram aproximadamente 150 vezes menor que o especificado pela ASTM (2016) apud Eklund (2011).

Já para os poços que apresentaram concentrações acima de 30% v/v, não será necessária avaliação de gases em ambientes fechados, visto que não há edificações ou estruturas que caracterizem esse tipo de ambiente, em um raio de 60 metros das concentrações aferidas. No entanto, recomenda-se adoção de **medidas de engenharia** nas futuras instalações, como a implantação de sistemas de extração de gás metano e/ou construções elevadas.

O resultado da Avaliação de Risco à Saúde Humana com relação a presença de contaminação na água subterrânea de Metais (Bário e Cobalto) ou de orgânicos (Benzeno, Etilbenzeno) apresentam risco para cenários de Contato Dérmico e Ingestão da água subterrânea.

Dessa forma, a Medida de Intervenção Institucional de restrição e proibição do uso da água subterrânea é suficiente para inibição de possíveis riscos à saúde humana.



Além disso, deverá ser realizado o monitoramento para encerramento da qualidade da água subterrânea por 2 (dois) ciclos hidrogeológicos conforme DD 103/2007 da CETESB.

Com relação aos resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana para o solo superficial, identificou-se apenas risco para contato dérmico e ingestão de solo impactado por Benzo(a)pireno na ST/PM-07 para o Cenário Hipotético Residencial. Assim, caso haja alteração do uso do solo para um cenário residencial, recomenda-se a remoção desse solo.

Para o cenário comercial/industrial (o mais provável de se estabelecer no terreno em estudo) o risco de contato dérmico e ingestão do solo não foi confirmado para os futuros usuários. Apesar da presença de TPH no solo subsuperficial (2,00 metros) também não apresentar risco à saúde dos futuros usuários (desde que não haja contato dérmico e ingestão), recomenda-se que o projeto futuro se adeque aos locais delimitados com a presença dessas substâncias. E caso seja necessário escavação e/ou interceptação dessas áreas impactadas, o solo seja classificado segundo Norma ABNT NBR 10004:2004, e gerenciado adequadamente até sua disposição e/ou tratamento final adequado.

Por fim, a análise de todas as informações coletadas neste estudo ambiental aponta para a não existência de risco à saúde humana para as condições atuais do terreno. E que a área encontra-se apta para ser reutilizada sem apresentar riscos à saúde humana, desde que seguidas as recomendações deste relatório e as boas práticas de engenharia.

11. BIBLIOGRAFIA

- ABNT, 2007 – Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados
Parte 1: Projeto e construção - NBR 15495-1:2007.
- ABNT, 2007 – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares –
Parte 2: Desenvolvimento - NBR 15495-2:2007.
- ABNT, 2010 – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de
purga - NBR 15847:2010.
- ABNT, 2007 – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar
- NBR 15515-1.
- ABNT, 2011 – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação
Confirmatória - NBR 15515-2.
- ASTM, 2016 – Standard Guide for – E2993-16:Evaluating Potential Hazard as a Result of
Methane in the Vadose Zone.
- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo: USP, 1964.
- ALVES, C. F. de C. 2012. Geoquímica das águas subterrâneas de um aterro de resíduos
sólidos em Arararas, SP. 102 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da
Universidade de São Paulo (IGc/USP), São Paulo.
- ALVES, C. F. de C.; BERTOLO, R. A. 2012. Geoquímica das águas subterrâneas impactadas
por aterros de resíduos sólidos. Revista Águas Subterrâneas 26 (1), 43–64.
- BAHENA-MANJARREZ, J.L., ROSALES-HOZ, L., CARRANZA-EDWARDS, A. 2002. Spatial
and temporal variation of heavy metals in a tropical estuary. Environmental Geology.
v. 42, 575–582.
- BJERG, P.; RUGGE, K.; PEDERSEN, J.; CHRISTENSEN, T. 1995. Distribution of redox-
sensitive groundwater quality parameters downgradient of a landfill (Grindsted,
Denmark). Environmental Science & Technology, v. 29, n. 5, 1387 - 1394.
- BRASIL – Ministério da Saúde, 2011. Portaria 2914 - Anexo - Norma de Qualidade da Água
para Consumo Humano.
- CETESB, 1988. Guia de Coleta e preservação de amostras de água/ Coord. Edmundo Garcia
Agudo (*et al.*) – São Paulo: CETESB, 150 p.

- CETESB, 1999. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas: Regulamentação da Lei federal Alemã de Proteção do Solo e de AC (RLPFPS) – CETESB - GTZ – 2ª Ed. – São Paulo, Brasil.
- CETESB, 2001. Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Água Subterrânea no Estado de São Paulo - Dorothy C. P. Casarini *et al.* - CETESB, São Paulo, Brasil.
- CETESB, 2003. Guia para Avaliação do Potencial de Contaminação em Imóveis – CETESB - GTZ – 2ª Ed. – São Paulo, Brasil.
- CETESB, 2004. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas: Investigação Detalhada – CETESB - GTZ – 2ª Ed. – São Paulo, Brasil.
- CETESB, 2006. Decisão de Diretoria Nº 010-2006-C de 26 de janeiro de 2006. Dispõe sobre os novos Procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis e dá outras providências. Anexo IV – Procedimento para Identificação de Passivos Ambientais em Estabelecimentos com sistema de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC).
- CETESB, 2007. Procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. Decisão da Diretoria 103-2007-C-E, de 22 de junho de 2007. CETESB/SMA. Diário Oficial do Estado de São Paulo (27/06/2007), Poder Executivo – Seção I – p. 34-39.
- CETESB. 2014. Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo. Anexo Único - Decisão da Diretoria no. 045-2014-E-C-I, de 20 de fevereiro de 2014. CETESB/SMA, São Paulo, Brasil, 4p.
- CHRISTENSEN, T.; KJELDTSEN, P.; JENSEN, D. 2001. Biogeochemistry of landfill leachate plumes: review. Applied Geochemistry, v. 16, n. 7-8, p.659-718.
- ConAm, 2016. Caracterização de Solo e Resíduos segundo Norma ABNT NBR 10.004:2004. Fevereiro de 2016.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/05. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.
- CUSTÓDIO, E. ; LLAMAS, M. R. 1983. Hidrologia Subterranea. 2 ed. Barcelona: Ômega. 2 V.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Estudo das águas subterrâneas. 1975. Região Administrativa 1 – Grande São Paulo. São Paulo: DAEE, 1975, 3v.

- DASKALAKIS, K.D., O'CONNOR, T.P. 1995. Normalization and elemental sediment contamination in the coastal United States. *Environmental Science & Technology*, v. 29, 470–477.
- DEUTSCH, W. J. (1997). *Groundwater Geochemistry – Fundamentals and Applications to contamination*. Lewis Publishers, EUA, 221p.
- DOMENICO, P. A. (1987). *An Analytical Model for Multidimensional Transport of a Decaying Contaminant Species*. *J. Hydrol.* Vol. 91.
- EMBRAPA, 2011. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 69p.
- EMPLASA, 1980. Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo. (1:100.000), São Paulo.
- Hvorslev, M. J. (1951). Time Lag and Soil Permeability in Ground-Water Observations. *Waterways Exper. Sta. Corps. Of Engr. U.S. Army. Vicksburg, Mississippi*.
- FETTER, C.W., 1980. *Applied Hydrogeology*. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio. 592 p.
- FETTER, C. W., 1993. *Contaminant Hydrogeology*. Macmillan Publishing Company, New York, 458 p.
- FREEZE, R.A. and CHERRY, J.A., 1979: *Groundwater*. Hemel Hempstead: Prentice-Hall International, 604 p.
- FUSP (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo). Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. 2002. Caderno Técnico Institucional, São Paulo.
- HANSON, P.J., EVANS, D.W., COLBY, D.R., ZDANOWICZ, V.S. 1993. Assessment of elemental contamination in estuarine and coastal environments based on geochemical and statistical modeling of sediments. *Marine Environmental Research*. v. 36, 237–266.
- HASUI, Y.; CREMONINI, O. A.; BORN, H. Considerações sobre o Grupo Açungui em São Paulo e porção adjacente do Paraná. 1984. Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro. SBG, v. 7.
- HIRATA, R. C. A. & FERREIRA, L. M. R. Os aquíferos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade a poluição. 2001. *Revista Brasileira de Geociências*. 31(1):43-50.

- IPT (2011). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Investigação do subsolo da Gleba I do campus da EACH/USP para Avaliação de Risco à Saúde Humana e Complementação da investigação da área onde foi implantado o ginásio de esportes. Relatório Técnico 123530-205/11. Emitido em 15 de agosto de 2011.
- LERNER, D. N. (1990), Groundwater recharge in urban areas, *Atmos. Environ., Part B*, **24**(1), 29–33.
- JULIANI, C. O embasamento pré-cambriano da Bacia de São Paulo. 1992. Seminário Problemas Geológicos e Geotécnicos na região Metropolitana de São Paulo. São Paulo, ABAS/ABGE/SBG-SP. p.3-20.
- KABATA-PENDIAS & PENDIAS. 2001. Trace Elements in Soils and plants. CRC PRESS, 3rd ed.
- KITANIDIS, P. K., 1997. Introduction to geostatistics: Applications to hydrogeology. Cambridge University Press, 249p.
- MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Inquérito Civil nº 58/05. Parecer Técnico SETEC RI 4412 LT1 198-13 MAHUAC PJMAC IC 58-05. Emissão de Parecer Técnico em atenção a solicitação da Promotoria de Justiça do Meio Ambiente da Capital referente a área contaminada da USP Leste (EACH USP) e ao seu licenciamento ambiental. Disponível em: <http://sites.usp.br/sef/wp-content/uploads/sites/52/2015/03/Laudo-Minist%C3%A9rio-P%C3%BAblico_01nov2013.pdf> Acesso em: 10 de agosto de 2015.
- RICCOMINI, Claudio. O rift continental do sudeste do Brasil. 1989. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. USP/IPT/FAPESP. 1997. Escala 1:500.000.
- SAXTON, K.E., RAWIS, W.J., ROMBERGER, J.S. e PAPENDICK, 1985. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50, 4: 1031-1036.
- SCHIFF, K., WEISBERG, S.B. 1997. Iron as a reference element for determining trace metal enrichment in California coastal shelf sediments. In: Southern California Coastal Water Research Project Annual Report 1995–96, pp. 68–78 (Weisberg, S., Francisco, C. and Hallock, D., Eds.).



- SERVMAR, 2005. Relatório MA/3134/05/SNH - Diagnostico Ambiental na área da USP Campus Zona Leste, São Paulo, SP. Emitido em outubro de 2005.
- SERVMAR, 2012. Relatório MA/11988/12/BLS – Investigação Ambiental do Solo no campus da EACH/USP, São Paulo, SP.
- USEPA, 2006. Closure Plan Review Guidance – Appendix N – 8p.
- USEPA (jun, 2015). Regional Screening Levels (RSL). Screening levels for chemical contaminants – Last Review: June 2015.
- WIEDEMEIER, Todd H. Natural attenuation of fuels and chlorinated solvents in the subsurface. John Wiley & Sons, 1999.
- WINDOM, H. L., SCHROPP, S.J., CALDER, F.D., RYAN, J.D., SMITH, R.G. JR., BURNEY, L.C., LEWIS, F.G., RAWLINSON, C.H. 1989. Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States. *Environmental Science & Technology*, v. 23, 314–320.
- XU, M. e ECKSTEIN, Y., 1995. Use of weighted least-squares method in evaluation of the relationship between dispersivity and field scale. *Groundwater*, 33, 6: 905-908.
- Zheng, C. 1990. MT3D. A Modular Three – *Dimensional Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical reactions of Contaminants in Groundwater Systems*. The United States Environmental Protection Agency, Ada, Oklahoma, 163p.