

Antiga USA Chemicals  
Av. Doutor Osvaldo Valter Avancini, s/n.  
Bairro Palmital. Porto Feliz - SP


Avaliação de Risco à Saúde  
Humana e Estudo de  
Intrusão de Vapores -  
Antiga USA Chemicals -  
Porto Feliz

Agosto, 2018

Referência: 0420000

Aprovado por: Camila Baroni

Coordenadora do Projeto

Assinatura:  \_\_\_\_\_

Autorizado por: Christopher Wilson

Sócio Responsável pelo Projeto

Assinatura:  \_\_\_\_\_

Environmental Resources Management  
Av. Eng. Luis Carlos Berrini, 105  
Conj. 171 - Thera Corporate  
Cidade Monções - São Paulo - SP - Brasil  
(11) 5095-7900

[www.erm.com](http://www.erm.com)

## VOLUME I

### SUMÁRIO

<i>ENVIRONMENTAL RESOURCES MANAGEMENT</i>	2
<i>SUMÁRIO EXECUTIVO</i>	3
1 <i>INTRODUÇÃO</i>	6
2 <i>OBJETIVOS</i>	7
3 <i>ESCOPO DO TRABALHO</i>	7
4 <i>INFORMAÇÕES PRELIMINARES</i>	8
4.1 <i>LOCALIZAÇÃO DO SITE E USO DO SOLO</i>	8
4.2 <i>HISTÓRICO DA USA CHEMICALS NO SITE</i>	9
4.3 <i>SUPRIMENTO DE ÁGUA</i>	10
4.4 <i>USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DO ENTORNO</i>	10
4.5 <i>GEOLOGIA E HÍDROGEOLOGIA</i>	10
4.6 <i>HISTÓRICO DOS ESTUDOS AMBIENTAIS NO SITE</i>	12
5 <i>AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA</i>	16
5.1 <i>METODOLOGIA</i>	17
5.2 <i>DADOS UTILIZADOS</i>	19
5.3 <i>FORMULAÇÃO DO PROBLEMA</i>	20
5.4 <i>AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO</i>	35
5.5 <i>AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE</i>	36
5.6 <i>CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS</i>	40
5.7 <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO DA CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS</i>	42
5.8 <i>ANÁLISE DE INCERTEZAS</i>	52
5.9 <i>CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS (CMAS)</i>	55
5.10 <i>SUMÁRIO DOS RESULTADOS DE RISCO</i>	58
6 <i>ESTUDO DE INTRUSÃO DE VAPORES</i>	63
6.1 <i>ATIVIDADES DE CAMPO</i>	63
6.2 <i>NORMAS AMBIENTAIS APLICÁVEIS</i>	68
6.3 <i>RESULTADOS</i>	70
7 <i>MAPAS DE RISCO</i>	74
8 <i>CONCLUSÕES</i>	78
9 <i>REFERÊNCIAS</i>	85

ANEXO A FIGURAS  
ANEXO B TABELAS

VOLUME II

ANEXO C INPLTS - ARSH  
ANEXO D PLANILHAS DE RISCO  
ANEXO E CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS (CMAs)  
ANEXO F FICHA DE SONDAGEM  
ANEXO G FICHAS DE AMOSTRAGEM  
ANEXO H CADEIAS DE CUSTÓDIA E LAUDOS ANALÍTICOS  
ANEXO I VALOR DE REFERÊNCIA - J&E LITE  
ANEXO J INVENTÁRIO PREDIAL  
ANEXO K RESULTADOS - IV  
ANEXO L ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)  
ANEXO M DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE  
ANEXO N PROCURAÇÃO

## SUMÁRIO EXECUTIVO

A ERM Brasil Ltda. (ERM) foi contratada pela RHODIA POLIAMIDA ESP. SA (SOLVAY) para conduzir uma Avaliação de Riscos à Saúde Humana (ARSH) e uma Estudo de Intrusão de Vapores (IV), em atendimento ao Despacho nº 356/CAAA/17 de 18 de setembro de 2017, na área da antiga USA Chemicals Indústria e Comércio Ltda. (USA Chemicals) localizada na Avenida Doutor Osvaldo Valter Avancini, s/n, Bairro Palmital, município de Porto Feliz, estado de São Paulo, Brasil.

A metodologia e abordagem da ARSH foi apresentada e acordada com a CETESB em reunião realizada no dia 20 de setembro de 2017, com a presença de representantes da CETESB, Solvay e ERM. Adicionalmente, o escopo do IV foi alinhado com a CETESB em reunião realizada no dia 8 de dezembro de 2017, com a presença de representantes da CETESB, Solvay e ERM.

A ARSH teve como objetivo quantificar os riscos potenciais à saúde humana, além de determinar as Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs), quando necessário, para determinar as áreas foco para esforços de remediação no site, que serão contempladas no Plano de Intervenção, para isso foram aplicadas as *Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação*, publicadas pela CETESB em maio de 2013. Ressalta-se que os modelos para cálculos de intrusão de vapores e transporte de contaminantes em meios saturados e não saturados não são aplicáveis para aquífero fraturado, apenas para meio poroso. Dessa forma, as planilhas da CETESB foram aplicadas para a via de inalação de vapores a partir da água subterrânea apenas nas regiões nas quais foi identificado o topo rochoso em uma profundidade maior do que 1,5 metro (m). Para receptores localizados próximos a regiões com topo rochoso mais raso, o cenário de intrusão de vapores foi avaliado a partir do estudo de IV.

O IV teve como objetivo avaliar o a potencial volatilização e migração das SQIs do solo e da água subterrânea para o ar do ambiente interno das edificações existentes no entorno do site e contemplou as seguintes áreas: (1) Galpão comercial (a noroeste); (2) Chácara Estrela (a norte); (3) Chácara da Vovó (ao sul), (4) Antiga Chácara Casarão; (5) Chácara Paula, e (6) Chácara Deck.

Observa-se que foram realizadas diversas tentativas de contato com os proprietários da Chácara Paula, no entanto, sem sucesso, impossibilitando a instalação de pontos de amostragem nesta chácara nas mobilizações realizadas.

Com base nos resultados da ARSH e IV, foi possível chegar as seguintes conclusões:

#### *Cenário Hipotético Comercial/Industrial on-site - ARSH*

- Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via de exposição de inalação de vapores a partir do solo para os trabalhadores em obras *on-site*, para as vias de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial e água subterrânea em ambientes abertos e fechados para os trabalhadores comerciais/industriais *on-site*.

Observa-se que para o cenário de ocupação hipotético comercial/industrial os riscos teóricos acima dos limites para as vias de exposição associadas ao solo encontram-se principalmente na região da antiga área de tancagem (AC01). Com relação a água subterrânea, os riscos teóricos acima dos limites para as vias de exposição associadas a água subterrânea abrangem as áreas sul, central e oeste do *site*.

#### *Cenário Hipotético Residencial on-site - ARSH*

- Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via de exposição de ingestão de solo superficial para os residentes (crianças) hipotéticos *on-site* de forma pontual (ST-58), para as vias de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial e água subterrânea em ambientes abertos e fechados para os residentes hipotéticos *on-site*.

Observa-se que para o cenário de ocupação hipotético residencial os riscos teóricos acima dos limites para as vias de exposição associadas ao solo encontram-se principalmente na região da antiga área de tancagem (AC01), e ao norte do *site*, além do ponto ST-58. Com relação a água subterrânea, os riscos teóricos acima dos limites para as vias de exposição associadas a água subterrânea abrangem as áreas sul, central e oeste do *site*, e ao norte no PM-01, além da área *off-site* ao sul que se encontra atualmente desocupada.

#### *Cenário Comercial off-site (noroeste - Galpão comercial) e Rural off-site (norte - Chácara Estrela, e sul - Chácara da Vovó) - ARSH*

- Não foram identificados riscos teóricos para vias consideradas completas para os receptores localizados a noroeste (trabalhadores comerciais e em obras localizados a noroeste), residentes rurais localizados a norte e residentes rurais localizados a sul.

O cenário de intrusão de vapores para estes receptores (Galpão comercial, Chácara Estrela - a norte, e Chácara da Vovó - a sul) foi avaliado a partir da instalação de pontos de amostragem de vapores sob o contra-piso (Galpão comercial, e Chácara da Vovó) ou de vapores do solo (Chácara Estrela) como parte do estudo de IV. Não foram detectadas concentrações das principais SQIs do *site* (CVOCs) e nenhuma concentração foi detectada acima dos valores de referência utilizados no Galpão e na Chácara da Vovó.

Na Chácara Estrela apenas o benzeno foi detectado no ponto amostrado 5G-

01B, acima do valor de referência da USEPA (2018), porém abaixo do valor de referência determinado pela calculadora *on-line* (J&E Lite). Ressalta-se que não foi detectado benzeno nos poços de vapores instalados e amostrados pela Sanifox em 2016 (Sanifox, 2016, Ref.: PR-145-15), dessa forma, considera-se improvável que esta detecção seja proveniente da contaminação presente na área.

Na Antiga Chácara Casarão não foram detectadas concentrações das principais SQIs do *site* (CVOCs) e nenhuma concentração foi detectada acima dos valores de referência. Na Chácara Deck não foram detectadas concentrações das SQIs acima dos valores da USEPA (2018) nem da calculadora *on-line* (J&E Lite).

Para todos os receptores avaliados foram identificados riscos teóricos acima dos limites para as vias hipotéticas de ingestão de água subterrânea proveniente do processo de lixiviação do solo, ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea. Ressalta-se que estas vias são hipotéticas e os riscos não são considerados reais visto que os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim, adicionalmente a região possui abastecimento público.

Com base nas afirmações acima, recomenda-se as seguintes possíveis ações futuras:

- Respeitar a restrição ao uso de água subterrânea do aquífero freático na região, conforme apresentado na Figura 29 (Anexo A);
- Exigir a utilização de EPIs em quaisquer atividades de escavação na região para evitar o contato dermal com solo e água subterrânea e ingestão acidental, principalmente nas áreas delimitadas nos mapas de risco (Figuras 18 a 26, Anexo A);
- Considerar os mapas de risco elaborados nesta ARSH para as medidas de intervenção a serem tomadas no *site*, que deverão compor o Plano de Intervenção;
- Continuar os monitoramentos de água subterrânea para acompanhar a evolução das concentrações das SQIs; e
- Revisar esta ARSH caso ocorra alguma mudança no modelo conceitual da região.

## INTRODUÇÃO

A ERM Brasil Ltda. (ERM) foi contratada pelo RHODIA POLLAMIDA ESP. SA (SOLVAY) para conduzir uma Avaliação de Riscos à Saúde Humana (ARSH) e um Estudo de Intrusão de Vapores (IV), em atendimento ao Despacho nº 356/CAAA/17 de 18 de setembro de 2017, na área onde no passado estava instalada a antiga USA Chemicals Indústria e Comércio Ltda. (USA Chemicals), localizada na Avenida Doutor Osvaldo Valter Avancini, s/n, Bairro Palmital, município de Porto Feliz, estado de São Paulo, Brasil. A localização da área de estudo (ou o "site") é apresentada na Figura 01 (Anexo A).

A metodologia e abordagem da ARSH, incluindo ferramenta de cálculo e receptores contemplados, foi apresentada e acordada com a CETESB em reunião realizada no dia 20 de setembro de 2017, com a presença de representantes da CETESB, Solvay e ERM. Nesta reunião foi apresentada as regiões no qual foi identificado topo rochoso raso a partir de dados de investigações anteriores, e acordada a abordagem de aplicar as Planilhas para Avaliação de Risco em Áreas Contaminadas sob Investigação publicadas pela CETESB em maio de 2013, citadas neste relatório como "planilhas da CETESB", apenas nas regiões nas quais foi identificado o topo rochoso em uma profundidade maior do que 1,5 m, apresentando, dessa forma, pelo menos 1,5 m de meio poroso. Essa abordagem foi aplicada visto que os modelos para cálculos de intrusão de vapores e transporte de contaminantes em meios saturados e não saturados não são aplicáveis para aquífero fraturado, apenas para meio poroso, garantindo assim a aplicabilidade dos modelos.

Nesta mesma data, foi acordado que um estudo de intrusão de vapores seria realizado na região, englobando chácaras do entorno do site. No dia 31 de outubro de 2017 foi realizada uma visita ao site e o seu entorno com representantes da CETESB, Solvay e ERM para alinhamento da rede de poços de monitoramento de vapores que seriam instalados na área. No dia 8 de dezembro de 2017 foi realizada uma nova reunião com a CETESB, incluindo representantes da Solvay e ERM, para definição do escopo do IV, no qual foi dividido em duas etapas.

As atividades ambientais conduzidas na área onde se instalava a antiga USA Chemicals em Porto Feliz estão relacionadas aos Processos CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) PA 61/00035/14. O site foi classificado pela CETESB como "Área Crítica" no cadastro de áreas contaminadas do Estado de São Paulo (CETESB, Dezembro de 2015).

A ARSH teve como foco a área onde se instalava a antiga USA Chemicals (receptores *on-site*), além de áreas localizadas em seu entorno imediato (receptores *off-site*): (1) Área comercial a noroeste - Galpão comercial; (2) Área rural a norte - Chácara Estrela; (3) Área rural ao sul - Chácara da Vovó; (4) Área rural a leste. A Figura 02 (Anexo A) apresenta a localização das áreas de

interesse desta ARSH. Observa-se que o *site* se encontra desocupado, portanto dois cenários futuros hipotéticos foram considerados: cenário comercial/industrial e cenário residencial. O Galpão comercial também se encontra desocupado atualmente, portanto os receptores avaliados são considerados hipotéticos.

Conforme alinhado com a CETESB em reunião no dia 8 de dezembro de 2017, o IV teve como foco as seguintes áreas localizadas no entorno imediato da área onde se instalava a antiga área da USA Chemicals: primeira etapa: (1) Galpão comercial (a noroeste); (2) Chácara Estrela (a norte); e (3) Antiga Chácara Casarão; e segunda etapa: (1) Chácara da Vovó (ao sul); (2) Chácara Paula, e (3) Chácara Deck. Observa-se que os proprietários do Galpão comercial não foram localizados na primeira etapa, portanto, o mesmo foi contemplado na segunda etapa do IV, quando foi possível o contato com os mesmos.

Ressalta-se que todos os contatos realizados com os proprietários das áreas contempladas neste estudo para agendamento das atividades foram realizados por representantes da CETESB.

2

## OBJETIVOS

O objetivo da ARSH foi quantificar os riscos potenciais à saúde humana (considerando receptores hipotéticos *on-site* e receptores *off-site*), associados à presença de substâncias químicas em solo e água subterrânea, com base nos dados obtidos nas investigações e monitoramentos ambientais realizados, além de determinar as Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs), quando necessário, para determinar as áreas foco para esforços de remediação no *site*.

O objetivo do IV foi avaliar a potencial volatilização e migração das SQIs (i.e., principalmente compostos orgânicos voláteis clorados - CVOCs) do solo e da água subterrânea para o ar do ambiente interno das edificações existentes no entorno do *site*, além de dar suporte ao estudo de ASRH na priorização das áreas foco para esforços de remediação.

Vale ressaltar que as atividades desenvolvidas no presente relatório visam atender as requisições da CETESB efetuadas através do Despacho nº 356/CAAA/17, de 18/09/2017, e foram alinhadas com a CETESB nas reuniões mencionadas no item anterior.

3

## ESCOPO DO TRABALHO

O escopo da ARSH incluiu as seguintes atividades:

- Compilação de dados históricos de solo, água subterrânea e vapores do



solo (*soil gas*);

- Estimativa quantitativa da exposição e dos riscos à saúde humana e determinação das CMAs; e
- Interpretação e discussão dos resultados obtidos.

O escopo do IV incluiu as seguintes atividades:

- Realização do Inventário Predial e do Inventário de Produtos em todas as edificações contempladas;
- Procedimento de identificação de interferências subterrâneas (*Subsurface Clearance*);
- Instalação de pontos de amostragem de vapores sob o contra-piso (*sub-slab*);
- Instalação de pontos de amostragem de vapores do solo (*soil gas*) multi-nível;
- Coleta de amostras de vapores sob o contra-piso (*sub-slab*);
- Coleta de amostras de vapores (*soil gas*) do solo; e
- Interpretação e discussão dos resultados obtidos.

## 4 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DO SITE E USO DO SOLO

A área onde se instalava a antiga USA *Chemicals* localiza-se na Avenida Doutor Osvaldo Valter Avancini, antiga Avenida Afílio Fuzi, s/n, Bairro Palmital, município de Porto Feliz, estado de São Paulo. As coordenadas geográficas UTM aproximadas no centro da área são 242.981,25 E 7.428.314,86 S. A Figura 01 (Anexo A) apresenta a localização do site.

O acesso à área pode ser feito pela Rodovia Marechal Rondon, Km 132, sentido Porto Feliz, em direção a Itu, onde se toma um acesso por uma via de terra com cerca de 70 metros de extensão, até o portão localizado na Avenida Doutor Osvaldo Valter Avancini.

A empresa *USA Chemicals* foi estabelecida na cidade de Porto Feliz em meados de 1982, em uma área na qual já existiam três tanques aéreos instalados, cada um com capacidade de 500 metros cúbicos ( $m^3$ ), que, segundo informações obtidas pela Sanifox do Brasil (Sanifox), eram utilizados para armazenamento de álcool etílico. A principal atividade declarada pela *USA Chemicals* era a compra, estocagem e revenda de solventes orgânicos. A Licença de Instalação da CETESB (LI N° 031.059) foi obtida em 04 de novembro 1982, porém, para atividade de comércio de produtos de limpeza, óleos, solventes, tambores e produtos químicos, com a exigência de implantação de sistema de segurança para área de armazenagem. A Licença de Operação nunca foi emitida pela CETESB (Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

Segundo dados obtidos pela Sanifox durante a Avaliação Preliminar (Sanifox, 2014, Ref.: PR-94-13), a *USA Chemicals* ampliou o volume de tanagem da área para 13 tanques de armazenagem, obtendo uma capacidade total de armazenagem de 3.950  $m^3$  em 1983. Os tanques eram utilizados para armazenagem de produtos descritos como "hidrocarbonetos clorados leves e pesados".

Em 25 de abril de 1983 a CETESB recebeu uma denúncia contra a *USA Chemicals*, sendo relatado que a mesma armazenava em sua área hidrocarbonetos clorados e álcool etílico, em tanques com capacidade variando entre 70  $m^3$  e 400  $m^3$ . Também em 25 de abril 1983, houve a constatação de morte de peixes no lago da Chácara Aricoan, localizada a sudeste da área ocupada pela *USA Chemicals*, na sub-bacia do Ribeirão Avecuia. Conforme relatado, a morte dos peixes foi associada a produtos químicos da *USA Chemicals*, devido ao odor característico observado na área e também pela identificação de "produtos polimerizados" aflorando em taludes da Chácara Aricoan. Após esta ocorrência, a Prefeitura de Porto Feliz solicitou providências junto a *USA Chemicals*, visto que as substâncias manipuladas pela mesma estavam atingindo as águas superficiais do manancial de abastecimento da cidade (Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

Em 31 de maio 1983, após uma ocorrência de forte chuva na região, ocorreu um vazamento de produto estocado, devido a um choque de um caminhão com a válvula de um dos tanques aéreos. Segundo relatos e documentos, o volume deste vazamento variou entre 400 e 500  $m^3$ . O atendimento emergencial foi realizado pela CETESB, sendo possível a recuperação de aproximadamente de 200  $m^3$  de produto. O volume total de resíduos estocado nos tanques da *USA Chemicals* de Porto Feliz em junho de 1983 (após o acidente de maio), era de aproximadamente 2.695  $m^3$ . Após ocorrência do vazamento a CETESB em conjunto com a Prefeitura de Porto Feliz e a Defesa Civil Municipal informaram a população vizinha e também às indústrias locais sobre o acidente ocorrido e a provável contaminação do Ribeirão Avecuia e Ribeirão Pinheirinho. Outras medidas de segurança emergenciais foram tomadas para evitar um dano ainda maior, visto que água superficial

do Ribeirão Aveçuia era utilizada como para captação e abastecimento da cidade de Porto Feliz (Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

A totalidade dos produtos armazenados na área foi removida em 07 de junho de 1985, após recebimento de diversas autuações e multas. Em vistoria da CETESB realizada na área em 26 de novembro de 1985, foi verificada a total desmobilização dos tanques da *USA Chemicals*, no entanto ainda restavam os tanques vazios do proprietário da área, que foram removidos posteriormente (Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

#### 4.3 SUPRIMENTO DE ÁGUA

O abastecimento de água passou a ser feito pela rede pública na região após o vazamento ocorrido em 31 de maio de 1983, no qual a população afetada foi orientada a suspender a utilização de água subterrânea.

#### 4.4 USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA DO ENTORNO

A ocupação do entorno da área na qual era instalada a antiga *USA Chemicals* é de uso misto. As propriedades adjacentes e o uso do solo no entorno são descritos abaixo:

- Norte: área residencial/rural (Chácara Estrela);
- Noroeste: área comercial (Galpão comercial atualmente desocupado) e áreas residenciais/rurais (Chácara da Paula e Antiga Chácara Casarão);
- Sudoeste: área sem ocupação, com disposição de entulho;
- Sul: área residencial/rural (Chácara da Vovó); e
- Leste: áreas residenciais/rurais.

A Figura 03 (Anexo A) apresenta a ocupação do entorno imediato da área de interesse, e a Figura 04 (Anexo A) apresenta a ocupação predominante no entorno de 1000 m do site.

#### 4.5 GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

##### 4.5.1 Geologia e Hidrologia Regional

A área de interesse está situada no vale médio do Rio Tietê, a sudeste do centro da cidade de Porto Feliz e a 110 km da cidade de São Paulo. Geologicamente a área encontra-se inserida no Grupo Tubarão da Bacia do Paraná, caracterizado no estado de São Paulo por testemunhos da glaciação

permocarbonífera e de ingressões marinhas, sendo que os paleoambientes geradores desses depósitos apresentam muitas variações, tanto verticais como horizontais, o que torna a subdivisão do grupo muito difícil (IPT, 1981 apud Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

Localmente a área de interesse está inscrita no contexto geológico do Subgrupo Itararé (sendo sua denominação mais recente Grupo Itararé), caracterizado por sedimentos continentais e marinhos de constituição variada, depositados por geleiras ou sob influência glacial (ambientes proglacial ou peri-glacial). O Subgrupo Itararé apresenta-se em São Paulo como uma complexa associação de várias litofácies, quase todas detríticas, que se sucedem verticalmente e horizontalmente, de maneira mais ou menos rápida. (IPT, 1981). As litologias correspondem ao registro do período glacial permocarbonífero na Bacia do Paraná e compreende ambientes terrestres a marinhos relativamente profundos, envolvendo processos geradores de diversas fácies sedimentares, que não possuem significativa continuidade lateral, fator este que contribui para a dificuldade de se estabelecer subunidades e correlações estratigráficas de grandes extensões (ARAB, et al. 2009 apud Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

Os sedimentos do Subgrupo Itararé sustentam um aquífero de baixa potencialidade e grande heterogeneidade horizontal e vertical, que se classifica sendo do tipo livre, em algumas áreas, e semi confinado em outras (Hirata,1990 apud Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

#### 4.5.2

#### *Geologia Local*

De acordo com as informações obtidas pela Sanifox durante a condução de investigações ambientais, nos anos de 2014 a 2017, no *site* há presença de afloramento de arenitos silto-argilosos de coloração vermelha e amarela e argilitos de cor cinza clara e médio, de forma fragmentada em superfície, em função de alteração intempérica. A Sanifox conduziu sondagens rotativas para recuperação integral de testemunhos, as quais confirmaram que a área apresenta geologia local complexa. A partir da caracterização e interpretação dos testemunhos, integrados com os dados obtidos nas investigações ambientais, foram definidos os principais litotipos presentes na área, do topo para a base:

- Solo de alteração silte argiloso a silte arenoso cor marrom, localmente argila siltosa com porções de silte marrom, em geral com espessura máxima 3,0 metros localmente na porção sudeste atingindo espessura máxima de até 18 metros;
- Argilito cinza claro a escuro muito compacto, alterado no topo, de cor bege, muitas vezes fraturado;
- Arenito siltoso amarelado com lentes centimétricas a decimétricas de argilito bege alterado, de espessura métrica;

- Arenito cinza claro com lentes argilosas subordinadas transitando para níveis mais arenosos, de textura movimentada e maciço na base, ora com estratificação plano paralela, de espessura superior a 10 metros;
- Arenito fino a médio bege claro a avermelhado, localmente pode ocorrer oxidado com porosidade e níveis centimétricos a decimétricos de areia média a grossa, friável e homogêneo. A espessura da camada é bastante variável, entretanto, geralmente é superior a 10 metros. Localmente (sondagens dos poços PM-22B e PM-33B, na porção sul / sudeste da área) foi observada a presença de rocha pouca ou não alterada (provavelmente diabásio), sugerindo que essas sondagens interceptam rochas intrusivas básicas tabulares que ocorrem sotopostas aos arenitos da Formação Itararé. Fragmentos dessas rochas intrusivas básicas também foram observados em superfície, na porção sul-sudeste da área após um serviço de terraplenagem na área externa, sugerindo que nessa área já se observa o contato da base da Formação Itararé com as rochas da formação subjacente.

A Figura 05 (Anexo A) mostra uma representação da geologia local por meio de uma seção geológica elaborada pela Sanifox (apresentada no relatório PR-185-17 – Investigação Detalhada Complementar das Zonas Norte e Sul na Área Externa e Respostas ao Despacho N 333/CAAAA/16 – Antiga USA Chemicals em Porto Feliz, SP – Sanifox, Abril/2017).

#### 4.6

#### HISTÓRICO DOS ESTUDOS AMBIENTAIS NO SITE

Os trabalhos ambientais na área iniciaram-se em outubro de 2013, pela Sanifox, com a realização de uma Avaliação Ambiental Preliminar (apresentada no relatório PR-94-13 – Avaliação Ambiental Preliminar – Antiga USA Chemicals em Porto Feliz, SP – Sanifox, Janeiro/2014), no qual foi definido, de forma detalhada, o histórico da antiga USA Chemicals de Porto Feliz, incluindo a delimitação da área ocupada pela empresa e também o local do terreno usado como antiga área de tançagem, além de ter sido estabelecido um modelo conceitual inicial do *site*. Neste estudo foram identificados três poços de monitoramento instalados na área, sem identificação, porém não há registros de investigações prévias a 2013. Entre janeiro e junho de 2014 foi realizada uma Investigação Ambiental Confirmatória (apresentada no relatório PR-101-13 – Investigação Confirmatória – Antiga USA Chemicals em Porto Feliz, SP – Sanifox, Setembro/2014) com base nos resultados obtidos na Avaliação Ambiental Preliminar (Sanifox, 2014, Ref.: PF-94-13), no qual foram realizadas 226 sondagens até 3,0 metros de profundidade, 03 sondagens rotativas com testemunhos de rocha, e foram instalados 11 poços de monitoramento, compreendendo 04 pares de poços multi-nível e 03 poços simples. Os resultados demonstraram a existência de impactos em solo por compostos organoclorados, dentre os quais se destacaram, em termos de concentrações, o 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano e 1,2-dicloroetano, assim como impactos em água subterrânea, que apresentou concentrações de diversos compostos organoclorados acima dos valores de intervenção

aplicáveis. Dentre os compostos com concentrações mais relevantes em água subterrânea destacam-se: o 1,1,2,2-tetracloroetano, o 1,1,2-tricloroetano, o 1,1-dicloroetano, o 1,1-dicloroeteno, o 1,2-dicloroetano, o benzeno, o cis/trans-1,2-dicloroeteno, o cloro de vinila, o clorofórmio, o tetracloro de carbono, o tetracloroetano e tricloroetano.

O modelo conceitual inicial para a área interna da antiga USA *Chemicals* foi atualizado com a confirmação de uma AC (área contaminada), definida como AC01 (Figura 2, Anexo A) na porção sul do terreno, relacionada à antiga área de tancagem, onde está incluído um antigo poço "semi-artesiano".

Em julho de 2015 foi finalizada a Investigação Detalhada (apresentada no relatório PR-116-14 - Investigação Detalhada - Antiga USA *Chemicals* em Porto Feliz, SP - Sanifox do Brasil, Julho/2015) na área interna da antiga USA *Chemicals*, no qual compreendeu o detalhamento dos centros de massa dos compostos de interesse na AC01 (antiga área de tancagem). Nesta etapa foram executadas 240 sondagens adicionais em malha regular de 5 m x 5 m, além da coleta e análise de 76 amostras de solo. Também foram instalados 18 poços de monitoramento, incluindo pares de poços multi-níveis. 08 sondagens rotativas foram executadas com recuperação de testemunho para descrição hidrogeológica detalhada. Foram identificadas concentrações de VOCs acima dos valores de referência aplicáveis nas amostras de solo. Os compostos que mais se destacam em termos de concentrações são o 1,1,2-tricloroetano, 1,2-dicloroetano e o 1,1,2,2-tetracloroetano. As sondagens adicionais e amostragens de solo permitiram concluir que os focos dos impactos no solo estão restritos aos antigos tanques de armazenamento de produtos e também ao vazamento acidental ocorrido em 1983.

As amostras de água subterrânea apresentaram concentrações de VOCs acima dos valores de referência aplicáveis praticamente em todo o *site*, entretanto as maiores concentrações e os principais centros de massa estavam relacionados à área de tancagem da antiga USA *Chemicals* na AC01. Dentre os compostos com concentrações mais altas podem ser destacados os seguintes: 1,2-dicloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroeteno, benzeno, cis/trans-1,2-dicloroeteno, cloro de vinila, clorofórmio, tetracloro de carbono, tetracloroetano e tricloroetano.

A Investigação Detalhada na área interna mostrou que o terreno onde estava instalada a antiga USA *Chemicals* situa-se sobre um divisor de águas local, com vertentes para norte e sul. Os poços de monitoramento instalados na área mostram que, em geral, no interior da área, o aquífero apresenta baixas permeabilidades, armazenamentos localizados e uma alta complexidade em função das anisotropias causadas pelos fraturamentos e controle litológico. Através da análise dos testemunhos de sondagens foi possível observar que a circulação da água subterrânea na área flui preferencialmente pela porosidade secundária das rochas consolidadas em zonas de fraturamento mais intensas, já a porosidade primária pode ser relevante localmente em zonas bem

definidas, geralmente associada aos sedimentos de granulação mais grossa e friável.

No aquífero raso (denominado Nível A) a profundidade média do nível d'água é de 10 metros e a porção central da área aparece como um divisor hídrico das águas subterrâneas e zona de recarga do aquífero. No aquífero intermediário (Nível B) a profundidade média do nível d'água é de 20 metros e na porção central da área ainda prevalece a feição do divisor de águas da área. Na porção norte da área observa-se fluxo de água subterrânea predominante para N-NW. Na porção sul da área foi estabelecido um mapa potenciométrico, porém com incertezas em relação às direções preferenciais de fluxo.

Do ponto de vista vertical foi possível notar a tendência de fluxo subterrâneo descendente na área, sendo o primeiro nível identificado em média a 10 metros, o segundo nível identificado em média a 20 metros e o terceiro nível em média a 39 metros. Os níveis citados são sustentados por rochas de consistência geralmente maciça, que favorecem o fluxo horizontal sotoposto. Nestas zonas eventualmente podem ser observados alguns sistemas de fraturas que interligam os sistemas direcionando a água percolada até o nível de base do aquífero.

De modo geral os aquíferos raso e intermediário são limitados e de pouca espessura, as cargas hidráulicas da base e do topo destas unidades são bastante similares indicando o fluxo horizontal com variantes localizadas. De forma geral, a tendência de migração dos impactos em água subterrânea ocorre com padrão horizontal, entretanto ocasionalmente os sistemas de fraturas abertas podem condicionar a migração vertical conectando as diferentes camadas dos aquíferos.

Entre dezembro de 2015 e maio de 2016 foi realizada Investigação Detalhada na área de interesse, tendo como foco a área externa (apresentada no relatório PR-145-15 - Investigação Detalhada com Integração da Área Externa - Antiga USA Chemicals em Porto Feliz, SP - Sanifox do Brasil, Maio/2016).

Foram executadas de forma sequencial as seguintes etapas: 1) Obtenção de autorizações para trabalhos nas áreas externas; 2) Amostragem passiva de vapores com método PSG-Beacon em 51 pontos; 3) Instalação de 10 poços de monitoramento de gases no solo para amostragem pelo método TO-17; 4) Sondagens para amostragem de solo e análises químicas laboratoriais; 5) Instalação de 10 poços de monitoramento de água subterrânea; 6) Amostragem pelo método TO-17 para avaliação de vapores no solo; 7) Amostragem de água subterrânea; 8) Ensaio de condutividade hidráulica; 9) Elaboração de relatório.

Os resultados das amostragens passivas de vapores pelo método *Beacon* e pelo método TO-17 foram correlacionados com os resultados analíticos de solo e água subterrânea, vetores preferenciais de fluxo e localização dos centros de

massa das plumas de fase dissolvida. As correlações mostram que as anomalias obtidas de vapores são predominantemente originadas a partir da volatilização dos compostos de interesse na água subterrânea. O modelo conceitual estabelecido anteriormente para essa área exclui impacto no solo na área externa, relacionado aos caminhos preferenciais de escoamento superficial do acidente de 1983.

Os principais centros de massa na água subterrânea estão relacionados ao Aquífero Nível A. O Aquífero Nível B apresenta em geral concentrações até 90% menores que as observadas no nível superior. O Aquífero Nível C, representado pelo poço PM-07C, apresenta concentrações inferiores aos outros dois níveis superiores. Indícios apontam que os aquíferos podem ser sustentados por argilitos de consistência geralmente maciça.

Os centros de massa na água subterrânea estão efetivamente relacionados à área de tancagem da antiga USA Chemicals. A área do entorno PM-01 também é um centro de massa, mas aparece isolado na porção noroeste do terreno. Os dados de campo relacionados às amostragens de solo, sondagens rotativas com amostragem de testemunhos de rocha e amostragem de água subterrânea não evidenciaram a presença de DNAPL na área.

As plumas de fase dissolvida na água subterrânea do aquífero nível A foram delimitadas horizontalmente de forma adequada até a porção sul. Ainda no aquífero nível A, as plumas de fase dissolvida na porção norte também propiciaram a delimitação de forma adequada, pois as concentrações obtidas nos poços nessa área indicaram o provável limite de jusante da pluma.

Nos trabalhos executados no segundo semestre de 2016 (apresentados no relatório PR-170-16 – Investigação Detalhada Complementar da Área Externa – Antiga USA Chemicals em Porto Feliz, SP – Sanifox do Brasil, Dezembro/2016) foi confirmado que os principais centros de massa na água subterrânea estão efetivamente relacionados à área de tancagem da antiga USA Chemicals e, adicionalmente, de forma isolada e fora da área de tancagem, à área do poço de monitoramento PM-01 também se apresenta como um centro de massa pontual na porção noroeste do terreno, ainda na área interna. Também foram constatados dois centros de massa pontuais em porções externas, sendo um na região do poço PM-31, a oeste da antiga USA Chemicals, e um na região do poço PM-21, ao sul da área. Os centros de massa do PM-31 (a oeste) e do PM-21 (a sul) são correlacionáveis ao principal centro de massa, que é a antiga área de tancagem na área interna.

Todos os centros de massa são condicionados por dois fatores principais, quais sejam, baixas permeabilidades da formação geológica e camadas de argilitos impermeáveis que dificultam a migração vertical descendente.

As amostras de água subterrânea obtidas em poços de monitoramento ao sul do córrego mostraram que as plumas estão delimitadas nessa área. Em relação à água superficial do córrego localizado ao sul da área, foi constatado que o



ponto intermediário PT-02, equivalente ao Ponto 49 monitorado pela CETESB, apresentava níveis de concentração equivalentes aos monitoramentos anteriores da própria CETESB. O ponto PT-03 apresentava concentrações de 1,2-dicloroetano, tetracloreto de carbono, tetracloroeteno e tricloroeteno acima dos valores orientadores do padrão CONAMA 357 para água doce, classe 2. O ponto amostrado mais a jusante (PT-04) encontrava-se enquadrado dentro dos padrões da Resolução CONAMA 357, água doce, Classe 2.

No primeiro semestre de 2017 foi realizada uma Investigação Ambiental Complementar (apresentada no relatório PR-185-17 - Investigação Detalhada Complementar das Zonas Norte e Sul na Área Externa e Respostas ao Despacho N 333/CAAAA/16 - Antiga USA *Chemicals* em Porto Feliz, SP - Sanifox do Brasil, Abril/2017) com os seguintes objetivos: (1) Ampliar a investigação da área norte com a utilização de amostragem passiva de vapores (PSG) *Beacon* na faixa de servidão da rodovia Marechal Rondon e na Rua Batatais; (2) Delimitar as plumas na área ao norte do terreno da Antiga USA *Chemicals* (faixa de servidão da rodovia Marechal Rondon); e (3) Delimitar as plumas na área da porção externa ao sul a jusante do poço PM-37 visando delimitar de forma adequada o limite das plumas de fase dissolvida nessa área.

Os resultados das 30 amostragens passivas de vapores pelo método PSG-*Beacon* na Rua Batatais e na faixa de servidão da Rodovia Marechal Rondon na porção NORTE da área de interesse apresentou 01 detecção do composto tetracloroeteno (no ponto BE 22) e 02 detecções de clorofórmio (nos pontos BE-34 e BE-39). Nenhum outro composto foi detectado.

Os resultados das amostragens passivas de vapores pelo método PSG-*Beacon* na porção sul da área de interesse foram usados para o posicionamento de novos poços de monitoramento.

Os resultados analíticos das 04 amostras de água superficial coletadas nesta etapa não indicaram concentrações acima dos limites de quantificação do método utilizado pelo laboratório para todas as SQIs (substâncias químicas de interesse).

As Figuras 06 e 07 (Anexo A) apresentam as malhas de poços atuais e os últimos mapas potenciométricos no nível A e nível B do aquífero, respectivamente, elaborados pela Sanifox a partir dos dados do monitoramento de água subterrânea realizado em março de 2017 (Sanifox, 2017, Ref.: PR-185-17).

## **AValiação DE RISCO À SAúDE HUMANA**

A ARSH é um estudo realizado para avaliar a probabilidade de efeitos adversos à saúde humana, causados pela exposição a uma determinada

substância ou grupo de substâncias presentes no meio físico (solo, sedimentos, água subterrânea, água superficial e/ou ar).

Um risco potencial pode existir se as concentrações de tais substâncias excederem os limites aceitáveis, quando houver receptores presentes na área de interesse (o site) e se existir a possibilidade de os receptores entrarem em contato ou serem expostos a estas substâncias presentes nos meios físicos da área em questão (CETESB, 2001).

## 5.1

### METODOLOGIA

A metodologia recomendada pela agência ambiental do estado de São Paulo (CETESB) para este tipo de avaliação foi originalmente desenvolvida em 1989 pela agência ambiental americana, a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA). Ressalta-se que a metodologia e abordagem da ARSH aplicada neste estudo foi apresentada e acordada com a CETESB em reunião realizada no dia 20 de setembro de 2017, com a presença de representantes da CETESB, Solvay e ERM.

De acordo com a metodologia seguida, a quantificação dos riscos deve ser feita seguindo as seguintes etapas:

#### 1. Formulação do Problema:

- Seleção e identificação das SQIs;
- Identificação dos receptores potenciais;
- Definição das vias de exposição; e
- Elaboração do modelo conceitual.

#### 2. Avaliação de Exposição:

- Quantificação da dose de exposição para cada via de exposição completa e cada receptor identificado durante a etapa de formulação do problema, considerando as condições específicas observadas na área avaliada (p.ex., geologia, hidrogeologia, habitats ecológicos, etc.) e os parâmetros de exposição (p.ex., tempo de exposição, peso corporal, biodisponibilidade, etc.).

#### 3. Avaliação de Toxicidade:

- Identificação dos efeitos potenciais adversos das SQIs sobre receptores humanos;

- Determinação da relação quantitativa entre a magnitude da exposição e a probabilidade de ocorrência de um determinado efeito adverso; e
- Incertezas associadas a esta determinação.

#### 4. Caracterização dos Riscos:

- Integração dos resultados das avaliações de exposição e toxicidade; e
- Indicação da magnitude e natureza dos riscos, se houver, associados a potenciais exposições às SQIs identificadas.

#### 5. Análise de Incertezas:

- Identificação das fontes de incerteza associadas aos riscos calculados.

#### 6. Cálculo das CMAs:

- Cálculo de concentrações máximas aceitáveis baseadas em risco para todas as SQIs que apresentaram risco à saúde humana acima dos níveis aceitáveis.

Para a elaboração desta ARSH, foram aplicadas as planilhas da CETESB publicadas pela CETESB em maio de 2013. Estas planilhas são baseadas nos procedimentos descritos na publicação *Risk Assessment Guidance for Superfund - RAGS - Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A)*, da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (US EPA, 1989).

As planilhas da CETESB também incluem equações e modelos para cálculos de intrusão de vapores e transporte de contaminantes em meios saturados e não saturados, entre eles: Domenico (1987), Jury & Johnson (1991) e Johnson & Ettinger (J&E, 1991).

Ressalta-se que os modelos para cálculos de intrusão de vapores e transporte de contaminantes em meios saturados e não saturados não são aplicáveis para aquífero fraturado, apenas para meio poroso. Dessa forma, as planilhas da CETESB foram aplicadas para a avaliação de intrusão de vapores apenas nas regiões nas quais foi identificado o topo rochoso em uma profundidade maior do que 1,5 m, apresentando, dessa forma, pelo menos 1,5 m de meio poroso, garantindo assim a aplicabilidade dos modelos. A Figura 08 (Anexo A) apresenta as regiões nas quais foi identificado o topo rochoso em uma profundidade menor do que 1,5 m, e que, portanto, não foram avaliadas nesta ARSH para a via de exposição de inalação de vapores por meio de modelagem a partir das planilhas da CETESB. O cenário de intrusão de vapores para os receptores localizados nestas regiões e/ou próximos a elas será avaliado no IV apresentado no item 6 deste relatório.

Esta ARSH foi baseada nas investigações ambientais e monitoramentos realizados no *site* e seu entorno imediato. A seguir são apresentados todos os estudos ambientais que geraram os dados contemplados nesta ARSH.

### *Solo*

Para a identificação das SQIs em solo foram utilizados todos os resultados analíticos de amostras de solo coletadas desde 2013 pela Sanifox. Uma lista dos estudos que contemplaram amostragens de solo e que foram utilizados como base para a ARSH é apresentada a seguir:

- Investigação Ambiental Confirmatória (Sanifox, 2014. Ref.: PR-101-13);
- Investigação Ambiental Detalhada (Sanifox, 2015. Ref.: 116-14); e
- Investigação Ambiental Detalhada com Integração da Área Externa (Sanifox, 2016. Ref.: 145-15).

A localização de todas as amostras de solo coletadas durante os estudos listados acima é apresentada na **Figura 09 (Anexo A)**.

As **Tabelas B.1 a B.5 (Anexo B)** apresentam os resultados analíticos contemplados nesta ARSH, obtidos a partir de análises químicas realizadas nas amostras de solo coletadas durante os estudos listados acima, separados por área de interesse e cenário avaliado. Todos os resultados de solo foram separados em solo superficial (até 1 m de profundidade) e solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m) para fins de adequação das vias de exposição.

### *Água Subterrânea*

As SQIs existentes em água subterrânea foram identificadas com base nas campanhas de monitoramento de água subterrânea conduzidas pela Sanifox nos últimos dois anos, no primeiro e segundo semestre dos anos de 2016 e 2017.

As **Tabelas B.6 a B.9 (Anexo B)** apresentam os resultados analíticos contemplados nesta ARSH, obtidos dos monitoramentos de água subterrânea realizadas nas campanhas listadas acima, separados por área de interesse. A malha de poços de monitoramento instalados na área é apresentada nas **Figuras 05 e 06 (Anexo A)**.

### *Soil Gas*

Dez poços de monitoramento de vapores do solo (PV-01 a PV-10) foram instalados em 2016 em área externa ao *site*, seguindo preferencialmente as vias

de escoamento superficial do produto liberado no vazamento que ocorreu em 1983, definidas com base no modelo conceitual estabelecido pela Sanifox (Sanifox, 2016, Ref.: PR-145-15) e também de acordo com os resultados obtidos na amostragem passiva de vapores do solo conduzida pela Sanifox em dezembro de 2015 utilizando-se os amostradores da *Beacon Environmental* (Sanifox, 2016, Ref.: PR-145-15).

Para fins de gerenciamento de risco, os resultados da amostragem de vapores do solo realizada em 2016 foram comparados com valores de referência estabelecidos pela USEPA (2018) e por valores determinados a partir de dados específicos da área com o uso de uma ferramenta *on-line* da USEPA que permite o uso de dados específicos da área para determinação dos valores de referência e fatores de atenuação. A abordagem para determinação dos valores de referência será apresentada mais a fundo no item 6.2 deste relatório. Os valores dos parâmetros de entrada específicos da área foram baseados nos dados de campos coletados pela Sanifox, sendo: geologia local (argila), nível d'água (média dos poços *on-site* de 13,99 m, determinada no monitoramento de água subterrânea de novembro de 2017) e temperatura da água subterrânea (média dos poços *on-site* de 22,66 °C determinada no monitoramento de água subterrânea de novembro de 2017).

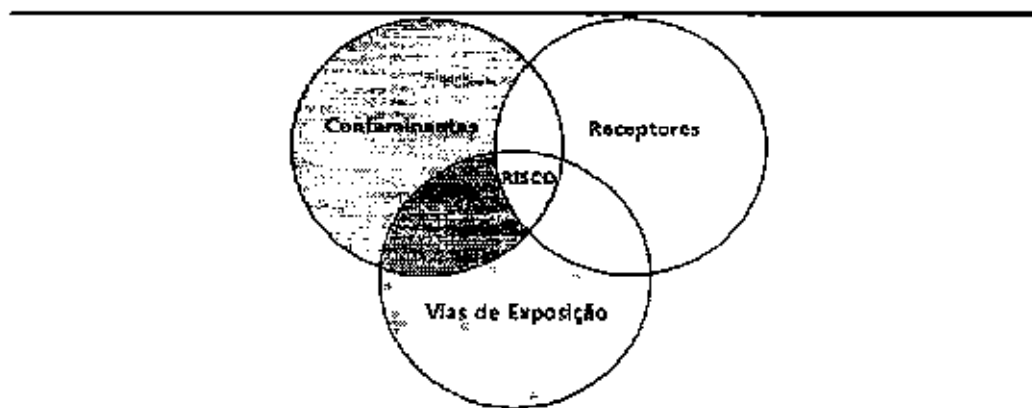
Os resultados de amostragem de vapores do solo serão utilizados como uma linha de evidência e serão comparados com os resultados da ARSH para dar suporte na priorização das áreas foco para esforços de remediação.

As Tabelas B.10 e B.11 (Anexo B) apresentam os resultados analíticos de vapores do solo comparados com valores de referência para cenário residencial e comercial/industrial, respectivamente. A localização dos poços de vapores do solo instalados pela Sanifox em 2016 e os resultados da comparação dos resultados analíticos com os valores de referência para cenário residencial e comercial/industrial são apresentados nas Figuras 10A e 10B (Anexo A), respectivamente.

### 5.3

#### **FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

A formulação do problema é o primeiro passo da avaliação de riscos, utilizado para direcionar as etapas subsequentes. O princípio fundamental da avaliação de riscos é que o risco apenas existe quando há um meio de contato entre os receptores e a fonte de exposição. Três elementos são necessários para que um risco esteja presente: fonte de contaminação, receptores e uma via de exposição entre a fonte e os receptores, conforme demonstrado pela Figura 5.1.



Fonte: Adaptado de US EPA, 1989

### 5.3.1

#### Identificação das Substâncias Químicas de Interesse (SQIs)

Conforme indicado na seção 5.2, as SQIs em solo foram identificadas com base nos dados das investigações realizadas no site entre 2013 e 2016. As SQIs existentes em água subterrânea foram identificadas com base nas últimas quatro campanhas de monitoramento de água subterrânea conduzidas pela Sanifox nos anos de 2016 e 2017.

Os dados analíticos de solo e água subterrânea foram separados para cada área de interesse (Figura 02, Anexo A), para ser representativo do impacto presente em cada área.

Para avaliação da exposição ao solo a partir de diferentes vias de exposição, os dados de solo foram separados de acordo com a profundidade das amostras para serem avaliados para diferentes vias de exposição:

- Solo superficial (até 1 m de profundidade): inalação de vapores em ambiente aberto, inalação de partículas, ingestão e contato dermal; e
- Solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m): inalação de vapores em ambiente aberto e fechado.

Apenas para os receptores trabalhadores em obras, todos os dados de solo foram considerados como solo superficial, visto que os mesmos podem estar expostos às SQIs presentes em solo em diversas profundidades durante atividades de escavação.

No caso da água subterrânea, os dados analíticos dos poços foram separados de forma a permitir a avaliação do cenário de intrusão de vapores (quando aplicável), da seguinte forma: a volatilização das SQIs voláteis presentes na água subterrânea ocorre apenas na interface água/solo, no nível mais raso do aquífero freático. Sendo assim, apenas os resultados analíticos do nível raso aquífero freático (nível A) foram utilizados para a avaliação da via de inalação de vapores da água subterrânea.

Observa-se que o cenário de intrusão de vapores a partir da água subterrânea foi avaliado com o uso das planilhas da CETESB nesta ARSH apenas para os receptores *on-site*, visto que próximo aos receptores localizados nas áreas de interesse norte, noroeste e sul foram identificadas regiões com o topo rochoso a menos de 1,5 m de profundidade (Figura 08, Anexo A) e, dessa forma, a ferramenta de cálculo não se aplica. Portanto, o cenário de intrusão de vapores para os receptores *off-site* será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório.

Os resultados analíticos de solo e água subterrânea foram analisados de acordo com os seguintes critérios:

- As substâncias químicas que não foram detectadas no meio físico foram eliminadas da análise;
- As concentrações máximas de cada substância química, detectadas durante os eventos de amostragem, foram comparadas aos valores de referência ou *screening levels* adotados. Quando a concentração máxima detectada de uma substância química era maior do que o padrão adotado, esta substância química foi selecionada como SQI; e
- As substâncias químicas para as quais não existem padrões aplicáveis ou *screening levels* publicados não foram incluídas como SQIs, exceto se a presença das mesmas estiver relacionada às atividades conduzidas no *site*.

Os padrões aplicáveis são apresentados abaixo, em ordem decrescente de prioridade:

- Valores orientadores estabelecidos pela CETESB na Decisão de Diretoria nº256/2016/E de 22 de novembro de 2016; e
- *US EPA Regional Screening Levels (RSLs)* publicados em junho de 2017 (USEPA, 2017).

As tabelas de comparação de solo são apresentadas nas Tabelas B.1 a B.5 (Anexo B) e as tabelas de água subterrânea são apresentadas nas Tabelas B.6 a B.9 (Anexo B). A localização de todas as amostras de solo coletadas nas investigações realizadas é apresentada na Figura 09 (Anexo A). A malha de poços de monitoramento instalados na área é apresentada nas Figuras 05 e 06 (Anexo A).

As seguintes SQIs foram identificadas em solo para serem avaliadas nesta ARSH para cada área de interesse, com base na comparação com as normas aplicáveis:

- *On-site* - cenário futuro hipotético comercial/industrial:

- Solo superficial (até 1 m de profundidade): nenhuma concentração foi detectada acima do valor de referência, portanto não foram identificadas SQIs neste meio;
- Solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m): 1,1,2,2-tetracloretoetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, cis-1,2-dicloroeteno, benzeno, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, tetracloreto de carbono, tetracloroeteno e tricloroeteno.
- *On-site* - cenário futuro hipotético residencial:
  - Solo superficial (até 1 m de profundidade): 1,2-dicloroetano;
  - Solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m): 1,1,2,2-tetracloretoetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, cis-1,2-dicloroeteno, 1,4-diclorobenzeno, benzeno, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, naftaleno, tetracloreto de carbono, tetracloroeteno e tricloroeteno.

Apesar de terem sido encontradas concentrações de alumínio, ferro e manganês acima dos valores de referência da US EPA (2017), estes metais não possuem valores de referência na lista de valores orientadores da CETESB (2016), portanto, não foram consideradas como SQIs nesta avaliação de risco. Além disso, estes metais não podem ser associados as atividades realizadas pela antiga *US Chemicals*. Adicionalmente, estes metais foram identificados em concentrações acima dos valores de referência da US EPA (2017) de forma pontual.

- *Off-site* - Área comercial a noroeste (Galpão comercial):
  - Solo superficial (até 1 m de profundidade): nenhuma concentração foi detectada acima do valor de referência, portanto não foram identificadas SQIs neste meio;
  - Solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m): 1,2-dicloroetano e cloreto de vinila.
- *Off-site* - Área rural a norte (Chácara Estrela):
  - Solo superficial (até 1 m de profundidade): cis-1,2-dicloroeteno;
  - Solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m): 1,2-dicloroetano, cis-1,2-dicloroeteno e tricloroeteno.
- *Off-site* - Área rural ao sul (Chácara da Vovó):



- Solo superficial (até 1 m de profundidade): nenhuma concentração foi detectada acima do valor de referência, portanto não foram identificadas SQIs neste meio;
- Solo subsuperficial (profundidade maior do que 1 m): 1,2-dicloroetano.

Não foram identificadas SQIs em solo na área *off-site* a leste e em suas proximidades.

As seguintes SQIs foram identificadas em água subterrânea para serem avaliadas nesta ARSH para cada área de interesse, com base na comparação com as normas aplicáveis:

- *On-site* - cenário futuro hipotético comercial/industrial e cenário residencial):
  - Água Subterrânea (nível A) - para avaliação das vias de exposição de inalação: 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,2,3-tricloropropano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2-dicloroetano, *cis*-1,2-dicloroetano, *trans*-1,2-dicloroetano, 1,3-dicloropropano, benzeno, bromoclorometano, bromodiclorometano, cloreto de metila, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, hexaclorobutadieno, naftaleno, tetracloreto de carbono, tetracloroetano, tricloroetano;
  - Água Subterrânea (níveis A e B) - para avaliação das vias de exposição de ingestão de contato dermal: 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,2,3-tricloropropano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2-dicloroetano, *cis*-1,2-dicloroetano, *trans*-1,2-dicloroetano, 1,3-dicloropropano, benzeno, bromoclorometano, bromodiclorometano, cloreto de metila, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, hexaclorobutadieno, naftaleno, tetracloreto de carbono, tetracloroetano, tricloroetano.
- *Off-site* - Área comercial a noroeste (Galpão comercial):
  - Água Subterrânea (níveis A e B) - para avaliação das vias de exposição de ingestão de contato dermal: 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, *cis*-1,2-dicloroetano, *trans*-1,2-dicloroetano, benzeno, bromodiclorometano, cloreto de metila, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, tetracloreto de carbono, tetracloroetano, tricloroetano.
- *Off-site* - Área rural a norte (Chácara Estrela):
  - Água Subterrânea (níveis A e B) - para avaliação das vias de exposição de ingestão de contato dermal: 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-

tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroeteno, 1,2-dicloroetano, cis-1,2-dicloroeteno, trans-1,2-dicloroeteno, benzeno, cloreto de metila, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, tetracloroeto de carbono, tetracloroeteno, tricloroeteno.

- *Off-site* - Área rural ao sul (Chácara da Vovó):
  - Água Subterrânea (níveis A e B) - para avaliação das vias de exposição de ingestão de contato dermal: 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,2,3-tricloropropano, 1,1-dicloroetano, 1,1-dicloroeteno, 1,2-dicloroetano, cis-1,2-dicloroeteno, trans-1,2-dicloroeteno, benzeno, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorobenzeno, clorofórmio, hexaclorobutadieno, naftaleno, tetracloroeto de carbono, tetracloroeteno, tricloroeteno.

Não foram identificadas SQLs em água subterrânea na área *off-site* a leste e em suas proximidades.

### 5.3.2

#### *Identificação dos Receptores*

Os potenciais receptores humanos foram avaliados considerando a ocupação futuro hipotética do *site* (*on-site*) e do Galpão comercial (localizado a noroeste) e atual do entorno imediato do *site* (*off-site*), além das características dos meios e impactos identificados em cada área. Sob estas condições, foram identificados os seguintes receptores potenciais:

#### **ON-SITE**

##### *Cenário Futuro Hipotético Comercial/Industrial*

- Trabalhadores comerciais/industriais (adultos) *on-site*; e
- Trabalhadores em obras (adultos) *on-site*.

##### *Cenário Futuro Hipotético residencial*

- Residentes (adultos) *on-site*; e
- Residentes (crianças) *on-site*.

#### **OFF-SITE**

##### *Cenário Ilipotético*

- Trabalhadores comerciais (adultos) *off-site* a noroeste - Galpão comercial; e
- Trabalhadores em obras (adultos) *off-site* a noroeste - Galpão comercial.

### *Cenário Atual*

- Residentes rurais (adultos) *off-site* a norte - Chácara Estrela;
- Residentes rurais (crianças) *off-site* a norte - Chácara Estrela;
- Residentes rurais (adultos) *off-site* ao sul - Chácara da Vovó;
- Residentes rurais (crianças) *off-site* ao sul - Chácara da Vovó.

Observa-se que, como mencionado anteriormente, para os receptores *off-site* listados acima o cenário de intrusão de vapores a partir da água subterrânea não foi avaliado a partir das planilhas da CETESB, pois os mesmos encontram-se localizados e/ou próximos de regiões nas quais foi identificado topo rochoso em uma profundidade menor do que 1,5 m. O cenário de intrusão de vapores para estes receptores será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório.

#### 5.3.3

#### *Identificação das Vias de Exposição*

Na avaliação de exposição são identificadas todas as vias pelas quais os receptores hipotéticos ou atuais possam ser expostos a uma SQI. Uma via de exposição descreve o trajeto de uma SQI desde a fonte até o ponto de exposição, para uma determinada via de ingresso. Dessa forma, a via de exposição é composta pelos seguintes elementos: fonte ou meio do impacto, mecanismos de transporte, ponto de exposição, via de ingresso e população receptora hipotético ou atual. Se qualquer um destes elementos estiver ausente em um dado cenário, a via é considerada incompleta.

As vias de exposição podem ser categorizadas como completas, incompletas ou hipotéticas. Uma via de exposição completa é aquela em que todos os elementos acima citados estão presentes e, portanto, existe uma conexão entre a SQI e a população receptora. Em todos os casos em que a via é completa, a população é considerada exposta e a exposição é quantificada. Uma via de exposição é considerada incompleta quando um ou mais componentes da via estão ausentes. As exposições hipotéticas podem ser utilizadas para avaliar cenários potenciais, porém incompletos. Por exemplo, sabe-se que a água subterrânea não é utilizada para fins de consumo humano no *site*; sendo assim, a ingestão de água subterrânea seria uma via de exposição hipotética.

As vias de exposição consideradas nesta ARSH são descritas a seguir. Observa-se que todas as vias de exposição para os receptores a leste do *site* foram consideradas incompletas, visto que não foram identificadas SQIs nesta região e em suas proximidades, além disso as plumas em fase dissolvida em água subterrânea encontram-se delimitadas *on-site* na região leste do *site*. Adicionalmente, o cenário de intrusão de vapores a partir da água subterrânea não foi avaliado a partir das planilhas da CETESB para os receptores *off-site* contemplados na ARSH, pois os mesmos encontram-se localizados e/ou

próximos de regiões nas quais foi identificado topo rochoso em uma profundidade menor do que 1,5 m. O cenário de intrusão de vapores para estes receptores será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório.

#### **Vias de Exposição Completas Associadas ao Solo Superficial (até 1 m de profundidade)**

As vias de exposição de inalação de vapores, inalação de partículas, contato dermal e ingestão de solo foram consideradas completas para os possíveis residentes *on-site* e residentes *off-site* a norte, pois foram identificadas SQIs em solo superficial apenas em área *on-site* e apenas para o cenário residencial. A via de exposição de inalação de vapores a partir do solo superficial também foi considerada uma via de exposição completa para estes receptores.

#### **Vias de Exposição Hipotéticas Associadas ao Solo Superficial (até 1 m de profundidade)**

As vias de exposição de inalação de vapores, inalação de partículas, contato dermal e ingestão de solo foram consideradas hipotéticas para os receptores hipotéticos trabalhadores em obras *on-site* e trabalhadores em obras *off-site* a noroeste, visto que a exposição pode ocorrer durante atividades de escavação, porém só foram identificadas SQIs em solo superficial.

#### **Vias de Exposição Completas Associadas ao Solo Subsuperficial (profundidade maior do que 1 m)**

Devido à presença de substâncias químicas voláteis no solo subsuperficial, a via de exposição de inalação de vapores em ambientes abertos a partir de solo subsuperficial foi considerada completa para todos os receptores avaliados nesta ARSII. A via de exposição de inalação de vapores em ambientes fechados a partir de solo subsuperficial foi considerada completa para os receptores localizados no Galpão comercial (receptores hipotéticos) e na Chácara Estrela visto que as amostras de solo que apresentaram SQIs encontram-se a uma distância menor do que 30 m das edificações, caracterizando um cenário de potencial de intrusão de vapores (USEPA, 2015).

#### **Vias de Exposição Hipotéticas Associadas ao Solo Subsuperficial (profundidade maior do que 1 m)**

A via de exposição de inalação de vapores em ambientes fechados a partir de solo subsuperficial foi considerada hipotética para os receptores *on-site* visto que não há atualmente nenhuma edificação no *site*.

A ingestão de água subterrânea proveniente do processo de lixiviação dos compostos presentes em solo subsuperficial foi considerada uma via de exposição hipotética para todos os receptores nesta ARSH (*on-site* e *off-site*), e foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco, uma vez que a água

subterrânea na região da área de interesse não deve ser utilizada para consumo humano ou qualquer outra atividade.

#### **Vias de Exposição Completas Associadas à Água Subterrânea**

A via de exposição de inalação de vapores a partir da água subterrânea em ambientes abertos foi considerada completa para todos os receptores, porém, só foi avaliada nesta ARSH a partir das planilhas da CETESB para os receptores *on-site* (trabalhadores comerciais/industriais, trabalhadores em obras e residentes), conforme explicado anteriormente.

A via de exposição de inalação de vapores em ambientes fechados a partir de água subterrânea foi considerada completa para os receptores hipotéticos do Galpão comercial visto que os poços de monitoramento que apresentaram SQIs encontram-se a uma distância menor do que 30 m da edificação, caracterizando um cenário de potencial de intrusão de vapores (USEPA, 2015), porém, este cenário não foi avaliado a partir das planilhas da CETESB visto que estes receptores encontram-se próximos a uma região com o topo rochoso com menos de 1,5 m de profundidade (Figura 08, Anexo A) e, dessa forma, a ferramenta de cálculo não se aplica. O cenário de intrusão de vapores para os receptores *off-site* será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório

#### **Vias de Exposição Hipotéticas Associadas à Água Subterrânea**

A via de exposição de inalação de vapores em ambientes fechados a partir de água subterrânea foi considerada hipotética para os receptores *on-site* visto que não há atualmente nenhuma edificação no *site*.

As vias de ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea foi considerada uma via de exposição hipotética para todos os receptores considerados nesta ARSH (*on-site* e *off-site*), uma vez que a água subterrânea da área de interesse não deve ser utilizada para consumo humano ou qualquer outra atividade, e foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco.

#### **5.3.4 Modelo Conceitual de Exposição**

Os resultados da identificação das vias de exposição são resumidos em um Modelo Conceitual de Exposição, que detalha a fonte da substância química, os mecanismos de liberação, os meios de transporte e meios físicos, as vias de exposição e os receptores. As Tabelas 5.1 a 5.6 apresentam os Modelos Conceituais de Exposição para cada zona.

Tabela 5.1 Modelo Conceitual de Exposição - Cenário Futuro Hipotético Comercial/Industrial on-site- Antiga Área da US  
Chemicals

Modelo Conceitual do Exposição		Via de Ingresso		On-site - A1	
Modo				Trabalhadores Industriais/ Comerciais	Trabalhadores de Obras Civis
Solo	Superficial	Contato Direto	Inalação Vapores Particulados	II	NA
	Subsuperficial	Inalação Ingestão de água subterrânea (Lixiviação)	Contato Dermal Ingestão (solo)	II II II II	NA NA NA NA
Solo (todas as profundidades)		Contato Direto	Vapores Particulados	II	HP
		Contato Dermal Ingestão (solo)	Vapores Particulados	II	HP
Água	Água subterrânea	Inalação Uso Irrestrito	Contato Dermal Ingestão (solo)	II	HP
		Contato Direto	Contato Dermal Ingestão (solo)	II	HP
C:	Via de Exposição Completa	Inalação	Ambiente Aberto	II	HP
	Via de Exposição Hipotética	Uso Irrestrito	Ambiente Fechado	II	HP
I	Via de Exposição Incompleta	Contato Direto	Contato Dermal Ingestão	II	HP
	Não Aplicável			II	HP

Notas:

- (1) Não foram identificadas SGLs em solo superficial para o cenário comercial/industrial a partir dos dados disponíveis;
- (2) Não existem atualmente edificações no site;
- (3) A via de exposição de ingestão de água subterrânea foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco, visto que não deve haver captação de água on-site. Todos os níveis do aquífero frático investigados foram considerados;
- (4) A via de inalação a partir de água subterrânea foi avaliada considerando apenas o nível raso do aquífero;
- (5) A via de exposição contato dermal com águas subterrâneas foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco, visto que não deve haver captação de água on-site, adicionalmente o nível d'água no site é considerado profundo (em média 11 m). Todos os níveis do aquífero frático investigados foram considerados.

Tabela 5.2 Modelo Conceitual de Exposição - Cenário Futuro Hipotético Residencial on-site - Antiga Área da US Chemicals

Modelo Conceitual de Exposição			On-site	
Meio	Via de Ingresso	Adultos	Residentes	Grilanças
Solo	Superficial	Inalação		
		Particulados		
	Contato Direto			
	Ingestão (solo)			
Subsuperficial	Ingestão (frutas e/ou vegetais)			
	Ambiente Aberto			
Água	Inalação	Ambiente Fechado	H2	H2
		Ingestão de água subterrânea (Liberação)	H3	H3
	Inalação	Ambiente Aberto	C4	C4
		Ambiente Fechado	H24	H24
	Uso Irrestrito	Contato Dermal	H3	H3
Ingestão		H3	H3	

Notas:

- (1) A via de Ingresso de frutas e/ou vegetais foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco visto que não deve haver plantação de alimentos para consumo no site;
- (2) Não existem atualmente edificações no site;
- (3) A via de exposição de ingestão de água subterrânea foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco, visto que não deve haver captação de água on-site. Todos os níveis do aquífero frático investigados foram considerados;
- (4) A via de Inalação a partir de água subterrânea foi avaliada considerando apenas o nível raso do aquífero;
- (5) A via de exposição contato dérmico com água subterrânea foi avaliada apenas para fins de gerenciamento de risco, visto que não deve haver captação de água on-site, adicionalmente o nível d'água no site é considerado profundo (em média 11 m). Todos os níveis do aquífero frático investigados foram considerados.

Tabela 5.3 Modelo Conceitual de Exposição - Cenário Hipotético Indústria/Comercial - Entorno da Antiga Área da IIS Chemicals - Galpão Comercial (noroeste)

Modelo Conceitual de Exposição		Off-site - Industrial/Comercial	
Melo	Via de Ingresso	Trabalhadores Comerciais	Trabalhadores de Obras Cíveis
Solo	Supersficial	Inalação Contato Direto	Vapores Particulados Contato Dermal
	Subsuperficial	Inalação	Ambiente Aberto Ambiente Fechado*
	Solo (todas as profundidades)	Ingestão de água subterrânea (Lixiviação) Contato Direto	HP Vapores Particulados Contato Dermal
Água	Água subterrânea	Inalação Uso Inesfrito	HP NA NA NA NA HP HP HP HP HP C C H <sup>2</sup> H <sup>2</sup>
	Água superficial	Inalação Contato Direto	Ambiente Aberto Ambiente Fechado* Contato Dermal Ingestão
	Via de Exposição Completa		
	Via de Exposição Hipotética		
	Via de Exposição Incompleta		
	Não Aplicável		

Observações:

\*O cenário de intrusão de vapores será avaliado no estudo de VI, apresentado no item 6 deste relatório.

(1) Não foram identificadas SQAs em solo superficial a partir dos dados disponíveis;

(2) As vias de exposição de Ingestão e contato dermal com água subterrânea foi avaliada apenas para fins de geração de risco de risco, visto que o uso de água subterrânea a partir de poços em áreas e/ou profundidades na região foi verificado pelo órgão ambiental, adicionalmente o nível d'água nessa área é considerada profunda (em média 9 m). Todos os níveis do aquífero freático investigados foram considerados;

(3) As vias de Inalação de vapores a partir da água subterrânea não foram avaliadas a partir das planilhas da CETESB, pois este receptor encontra-se próximo a uma região com topografia em profundidade maior do que 1,5 m.





**Tabela 5.5 Modelo Conceitual de Exposição - Cenário Atual Rural - Entorno da Antiga Área da LIS Chemicals - Chácara da Vovó (ao sul)**

Modelo Conceitual de Exposição		Off-site - Chácara da Vovó			
		Residentes			
Meio	Via de Ingresso	Adultos		Crianças	
		Superficial	Inalação Contato Direto	Vapores Particulados	II
Solo	Subsuperficial	Contato Dermal		II	II
		Ingestão (solo)		II	II
		Ingestão (frutas e/ou vegetais)		II	II
Água	Inalação	Ambiente Aberto		II	II
		Ambiente Fechado*		II	II
	Ingestão de água subterrânea (Lixiviação)			II	II
		Inalação		II	II
Via de Exposição Completa Via de Exposição Hipotética Via de Exposição Incompleta Não Aplicável	Uso Irregular	Contato Direto		II	II
		Ingestão		II	II

**Observações:**

\*O cenário de inalação de vapores será avaliado no estudo de VI, apresentado no item 6 deste relatório.

(1) Não foram identificadas SQs em solo superficial a partir dos dados disponíveis;

(2) As SQs identificadas em solo superficial encontram-se a uma distância maior do que 30 m da edificação da Chácara da Vovó;

(3) As vias de exposição contato de ingestão e contato dermal com água subterrânea foram avaliadas apenas para fins de gerenciamento de risco, visto que o uso da água subterrânea a partir de poças cisternas e/ou profundos foi vetado pelo órgão ambiental, adicionalmente o nível d'água nessa área é considerado profundo (em média 12 m). Todos os níveis de aquifero freático investigados foram considerados;

(4) As vias de inalação de vapores a partir da água subterrânea não foram avaliadas a partir das planilhas da CETESB, pois este receptor encontra-se próximo a região com topo rochoso em profundidade menor do que 1,5 m;

(5) As SQs identificadas em água subterrânea encontram-se a uma distância maior do que 30 m da edificação da Chácara da Vovó.



O principal objetivo de uma avaliação de exposição é estimar o tipo e a magnitude da exposição humana às SQIs existentes no meio físico de interesse (i.e., água subterrânea) (USEPA, 1989). A avaliação de exposição fornece resultados quantitativos, mais especificamente as doses de ingresso de SQIs, calculadas para uma determinada via de exposição completa e/ou hipotética (conforme apresentado nas Tabelas 5.1 a 5.6).

## 5.4.1

*Quantificação da Exposição e Doses de Ingresso*

Esta etapa da ARSH tem como objetivo estimar as concentrações de ingresso de SQIs ao longo do tempo, por quilograma de peso corporal, quando uma pessoa é exposta a uma determinada via de exposição. As doses de ingresso são expressas como a quantidade da SQI absorvida pelo corpo por unidade de tempo por quilograma de peso corporal, ou seja, mg/kg-dia ou ml/kg-dia. Por exemplo, uma dose de ingresso de 1 mg/kg-dia de benzeno significa que o receptor está recebendo uma dose diária de 1 mg dessa substância para cada quilograma de peso corporal.

Para todas as vias de exposição consideradas nesta ARSH, as doses de ingresso dos receptores foram estimadas por meio de equações matemáticas publicadas pela USEPA (USEPA, 1989) e aplicadas pelas planilhas da CETESB. Os valores de exposição foram estimados para cada receptor potencial e para cada via de exposição completa ou hipotética. Se a população está exposta a mais de uma via de exposição, a exposição total calculada é a somatória de todos os resultados obtidos para cada via de exposição.

## 5.4.2

*Concentração no Ponto de Exposição ("Exposure Point Concentration" - EPC)*

As EPCs utilizadas nos cálculos de risco para cada receptor presente foram consideradas como sendo as concentrações máximas detectadas de cada SQI em cada meio físico, presentes na área de interesse e/ou suas proximidades.

As Tabelas C.1 a C.7 (Anexo C) apresentam as SQIs identificadas em solo e as Tabelas C.8 a C.12 (Anexo C) apresentam as SQIs identificadas em água subterrânea, para as diferentes áreas de interesse, juntamente com as concentrações máximas detectadas, a localização da detecção e a respectiva data de amostragem. A localização de todas as amostras de solo coletadas nas investigações realizadas é apresentada na Figura 09 (Anexo A). A malha de poços de monitoramento instalados na área é apresentada nas Figuras 05 e 06 (Anexo A).

Como não haviam dados das substâncias químicas de interesse em ar, foi realizada uma modelagem matemática para estimar as concentrações em ar (ambiente aberto e fechado) das substâncias químicas voláteis presentes em

solo e água subterrânea. A estimativa das concentrações em ar foi realizada a partir das planilhas de avaliação de risco da CETESB que utiliza o modelo Johnson e Ettinger (1991) para modelagem de intrusão de vapores. Como dito anteriormente, a modelagem das concentrações a partir da água subterrânea foi realizada apenas para os receptores *on-site*, visto que nas áreas de interesse norte, noroeste e sul foram identificadas regiões com o topo rochoso a menos de 1,5 m de profundidade (Figura 08, Anexo A), e dessa forma, a ferramenta de cálculo não se aplica. O cenário de intrusão de vapores para os receptores *off-site* será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório

Os valores de concentrações em ar determinados podem ser visualizados nas planilhas da CETESB aplicadas nesta ARSH, que são apresentadas no Anexo D.

#### 5.4.3 *Parâmetros do Meio Físico*

Os dados específicos do *site* disponíveis, estimados a partir de dados de campo ou determinados a partir de coletas de campo, foram utilizados como valores de entrada na avaliação de risco, incluindo: profundidade de fonte no solo, espessura do solo subsuperficial impactado, largura do solo subsuperficial impactado, profundidade do nível d'água, temperatura da água subterrânea, largura da área fonte na direção paralela ao fluxo da água subterrânea e espessura da pluma dissolvida na água subterrânea. Para os outros parâmetros de entrada foram considerados os valores *default* da planilha da CETESB, pois não estavam disponíveis valores específicos do *site* e/ou os mesmos não eram relevantes para os cenários avaliados.

Os dados de entrada utilizados nesta avaliação de riscos para cada cenário de exposição são apresentados na Tabela C.13 a C.16 (Anexo C).

#### 5.4.4 *Parâmetros de Exposição*

Para a quantificação das exposições foram utilizados os valores *default* da CETESB como os valores das variáveis aplicáveis aos receptores e os parâmetros de exposição e fatores assumidos para cada cenário de exposição.

Os valores *default* da CETESB recomendados para cada tipo de receptor podem ser visualizados nas planilhas da CETESB aplicadas nesta ARSH, que são apresentadas no Anexo D.

### 5.5 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE

O objetivo da avaliação de toxicidade é a obtenção de dados toxicológicos relativos às SQIs, de modo a possibilitar a interpretação dos potenciais efeitos adversos à saúde humana, associados a um evento de exposição. A análise de toxicidade é realizada em duas etapas:

- Identificação do Efeito Toxicológico; e
- Avaliação de Dose-Resposta.

O primeiro passo – a identificação do efeito toxicológico – caracteriza a natureza e intensidade do efeito, com base em evidências científicas sobre o potencial de uma substância química causar efeitos adversos à saúde humana (carcinogênicos e não carcinogênicos). Tipicamente, as fontes de informações para este processo são os estudos epidemiológicos, estudos clínicos e estudos baseados em experimentos em animais.

O segundo passo da avaliação de toxicidade – a avaliação de dose-resposta – é o processo de análise quantitativa das informações toxicológicas e caracterização da relação entre a dose de ingresso de um contaminante administrado ou absorvido e a incidência de efeitos adversos mediante a exposição. Esta avaliação é utilizada para o desenvolvimento de critérios toxicológicos que podem ser utilizados para estimar o potencial de incidência de efeitos adversos quando pessoas são expostas a um determinado composto químico.

#### 5.5.1 *Identificação do Efeito Toxicológico*

Os efeitos tóxicos das substâncias químicas são geralmente classificados como carcinogênicos ou não carcinogênicos, dependendo do(s) tipo(s) de efeito já associado(s) à exposição a um determinado composto (carcinogênico, não carcinogênico ou ambos).

As classificações quanto à carcinogenicidade de acordo com a CETESB (2013) referentes a cada uma das SQIs identificadas na planta, e contempladas nas planilhas da CETESB, são apresentadas na Tabela 5.7.

**Tabela 5.7** *Classificações de Carcinogenicidade - Planilha CETESB, 2013*

<b>SQI</b>	<b>Classificação quanto à carcinogenicidade (CETESB, 2013)</b>
1,1,1,2-Tetracloroetano	C
1,1,1,2-Tetracloroetano	C
1,1,2-Tricloroetano	C
1,2,3-Tricloropropano	C
1,1-Dicloroetano	C
1,1-Dicloroeteno	NC
1,2-Dibromo-3-cloropropano	C
1,2-Dicloroetano	C
1,2-Dicloroeteno (cis)	NC
1,2-Dicloroeteno (trans)	NC
1,3-Dicloropropano	NC
Benzeno	C
Bromoclorometano	NC
Bromodiclorometano	C

SQI	Classificação quanto à carcinogenicidade (CETESB, 2013)
Cloreto de Metila	NC
Cloreto de Metileno (diclorometano)	C
Cloreto de Vinila	C
Clorobenzeno	NC
Clorofórmio	C
Hexaclorobutadieno	C
Naftaleno	C
Tetracloroeto de Carbono	C
Tetracloroeteno	C
Tricloroeteno	C

Notas:  
C: carcinogênico  
NC: não carcinogênico

### 5.5.2

#### *Avaliação de Dose-Resposta*

Os valores toxicológicos de referência podem ser específicos à via de exposição, ou seja, podem existir vários valores toxicológicos de referência para a mesma substância química, correspondendo às diferentes vias de exposição (p.ex.: inalação, ingestão ou contato dermal).

Os critérios toxicológicos não carcinogênicos e carcinogênicos usados nesta avaliação de riscos estão disponíveis no banco de dados das planilhas da CETESB, e foram obtidos das seguintes fontes:

- *Integrated Risk Information System (IRIS)*;
- *Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST)*;
- *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)*; e
- *EPA's Environmental Criteria and Assessment Office (CAAO)*.

Os critérios toxicológicos carcinogênicos e não carcinogênicos utilizados nesta avaliação de riscos estão disponíveis no banco de dados das planilhas da CETESB e podem ser visualizados nas planilhas apresentadas no Anexo D.

Os diferentes tipos de valores toxicológicos usados nesta avaliação são descritos a seguir.

#### *Valores de Toxicidade de Referência para Efeitos Não Carcinogênicos*

A Dose de Referência (RfD) é um parâmetro toxicológico usado para avaliar efeitos não carcinogênicos. Vários tipos de RfD podem ser utilizados em uma avaliação de riscos, dependendo da via de ingresso (inalação, ingestão, contato dermal), de efeitos críticos e da extensão da exposição (crônica, subcrônica ou eventos pontuais).

A RfD crônica é definida como o nível estimado de exposição diária (com uma ordem de magnitude ou mais de incerteza) de uma população humana, incluindo subpopulações sensíveis, que pode ocorrer sem existir risco de efeitos adversos à saúde durante o tempo de vida dos receptores. Especificamente, as RfDs crônicas são calculadas para exposições acima de 1 ano. Os valores de RfD são expressos na forma de doses de ingresso, ou seja, mg/kg-dia ou ml/kg-dia.

As RfDs são específicas para cada via de exposição e são definidas da forma abaixo:

- Dose de Referência Oral (RfDo), utilizada para avaliar os efeitos adversos à saúde causados por um evento de exposição que envolva ingresso via ingestão;
- Dose de Referência para Inalação (RfDi), utilizada para avaliar os efeitos adversos à saúde causados por um evento de exposição que envolva ingresso via inalação. A RfDi é calculada a partir da RfDo, adotando-se como premissa uma taxa de inalação de 20 m<sup>3</sup>/dia e um peso corporal de 70 kg; e
- Dose de Referência para Contato Dermal (RfDd), utilizada para avaliar os efeitos adversos à saúde causados por um evento de exposição que envolva ingresso via contato dermal. Na ausência de informações específicas para a via de contato dermal, aplica-se a RfDo.

Para a avaliação da via de ingresso de inalação a USEPA (2009) recomenda o uso de Concentração de Referência (RfC) que é determinado usando a metodologia de dosimetria por inalação. O RfC é definido como a concentração estimada diária (com uma ordem de magnitude ou mais de incerteza) de uma exposição contínua por inalação à população humana, incluindo subgrupos sensíveis, que provavelmente não causará um risco apreciável de efeitos deletérios durante o tempo de vida dos receptores. Os valores de RfC são expressos em mg/m<sup>3</sup>.

#### *Critérios Toxicológicos para Efeitos Carcinogênicos*

Na avaliação dos riscos potenciais carcinogênicos, utiliza-se o chamado fator de carcinogenicidade (*Cancer Slope Factor - CSF*). O CSF define quantitativamente a correlação entre a dose de ingresso de uma substância e a incidência de câncer, sendo utilizado para estimar a probabilidade de ocorrência de um caso adicional (incremental) de câncer em uma população exposta.

Os critérios toxicológicos para efeitos carcinogênicos podem ser expressos de uma de duas formas: a primeira é o risco por dose administrada experimentalmente, neste caso, o critério é conhecido como fator de carcinogenicidade (CSF), expresso na unidade (mg/kg/dia)<sup>-1</sup>; a segunda é o



risco por unidade de concentração de um composto identificado no meio físico (p.ex., no ar), esta medida é chamada de risco unitário (*Inhalation Unit Risk - IUR*), representando o risco por unidade de concentração a que um indivíduo está continuamente exposto. O risco unitário é expresso como o inverso da concentração, ou seja, o IUR para inalação de vapores é expresso em  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ . Na avaliação dos riscos por inalação pela planilha da CETESB, o IUR é convertido em um CSFi (inalação), adotando-se como premissa uma taxa de inalação de 20 m<sup>3</sup>/dia e um peso corporal de 70 kg.

## 5.6

### CARACTERIZAÇÃO DOS RISCOS

O objetivo da caracterização dos riscos é quantificar o aumento da probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer, ou o potencial de sofrer um efeito adverso crônico não carcinogênico, como resultado da exposição às SQIs.

O processo de caracterização dos riscos integra os dados obtidos durante a avaliação de exposição (Seção 5.4) e a avaliação de toxicidade (Seção 5.5), gerando estimativas numéricas dos riscos carcinogênicos e dos índices de periculosidade não carcinogênicos.

Os parâmetros utilizados para calcular os riscos associados a cada via de exposição e receptor podem ser encontrados no Anexo D. As tabelas relevantes das planilhas da CETESB são destacadas abaixo:

- "CENÁRIOS": Modelo Conceitual de Exposição incluindo o meio impactado, as vias de exposição, os receptores e os cenários de exposição;
- "SQI": Parâmetros físico-químicos e toxicológicos para cada SQI;
- "MEIO FÍSICO": Planilha de entrada de dados descritivos da área avaliada;
- "PDE": Concentrações das SQIs na fonte e no ponto de exposição;
- "Risco Solo Ad" ou "Risco Solo Cr": Resumo dos riscos carcinogênicos e não carcinogênicos associados ao solo para adultos (Ad) ou crianças (Cr);
- "Risco AS Ad" ou "Risco AS Cr": Resumo dos riscos carcinogênicos e não carcinogênicos associados à água subterrânea para adultos (Ad) ou crianças (Cr);
- "CMA Solo Ad" ou "CMA Solo Cr": Concentrações Máximas Aceitáveis para o solo determinadas para adultos (Ad) ou crianças (Cr);
- "CMA AS Ad" ou "CMA AS Cr": Concentrações Máximas Aceitáveis para a água subterrânea determinadas para adultos (Ad) ou crianças (Cr);

- “FT” e “FI”: Fatores de Transporte (FT) e de Ingresso (FI); e
- “MF” e “EXP”: Parâmetros *default* estabelecidos pela CETESB para meio físico e exposição.

### 5.6.1

#### *Riscos Carcinogênicos*

Os riscos carcinogênicos incrementais associados à exposição às SQIs detectadas nas áreas de interesse foram calculados conforme estipulado nas planilhas da CETESB (USEPA, 1989a):

$$\text{Risco Carcinogênico Incremental (ILCR)} = \text{Dose de Ingresso} \times \text{Fator de Carcinogenicidade (oral ou inalação)}$$

Assim sendo, o risco carcinogênico incremental representa a probabilidade adicional de uma pessoa desenvolver câncer durante a sua vida, como resultado da exposição às SQIs detectadas na área investigada.

O risco de desenvolvimento de câncer é expresso em notação científica. Por exemplo, havendo um risco de  $1 \times 10^{-6}$ , espera-se que uma pessoa a cada milhão desenvolva câncer ao longo de sua vida como resultado da exposição às SQIs (em outras palavras, cada indivíduo tem uma chance adicional de 1:1.000.000 de desenvolver câncer como resultado da exposição ao longo da vida).

Os riscos carcinogênicos foram calculados para todas as SQIs que têm valores publicados de CSF ou URF. Para calcular o risco total associado a cada via de exposição, foram somados os valores de risco de todas as SQIs avaliadas para cada via.

Os valores calculados de risco carcinogênico foram comparados aos valores aceitáveis de risco aplicáveis a áreas contaminadas no Brasil, estabelecidos pela CETESB. A meta de risco incremental máximo recomendada pela CETESB é  $1 \times 10^{-5}$ , ou seja, 1 caso adicional de câncer em uma população de 100.000 pessoas expostas no decorrer de suas vidas. Sendo assim, o valor  $1 \times 10^{-5}$  foi adotado como referência para a interpretação dos resultados deste estudo.

Quando os riscos carcinogênicos excedem  $1 \times 10^{-5}$ , a CETESB recomenda a implantação de medidas de intervenção ou gerenciamento, a fim de proteger a população exposta.

### 5.6.2

#### *Riscos Não Carcinogênicos*

Os potenciais efeitos não carcinogênicos foram avaliados comparando-se as exposições crônicas específicas a cada SQI com as doses protetoras e/ou critérios de saúde (RfDs) correspondentes.

Isto é expresso na forma de um Quociente de Periculosidade (*Hazard Quotient* - HQ), conforme segue:

$$HQ = \text{Dose} / \text{RfD (oral ou inalação)}$$

Sendo:

Dose = Dose de Ingresso (mg/kg-dia)

RfD = Dose de Referência (mg/kg-dia)

Um HQ maior do que 1 indica uma maior probabilidade de indivíduos sofrerem efeitos adversos crônicos tóxicos. Entretanto, os fatores de incerteza embutidos nas doses de referência resultam em valores de RfD conservadores. Por isso, as RfDs reais provavelmente são significativamente mais baixas do que as doses nas quais os efeitos adversos seriam detectados.

Foram calculados valores de HQ para todas as SQIs não carcinogênicas que possuem RfDs ou RfCs (concentrações de referência) publicadas. Em seguida, fez-se uma somatória dos valores de HQ calculados para todas as SQIs que possuem o mesmo mecanismo de ação, a fim de se obter uma estimativa do risco especificamente associado a cada via de exposição, ou seja, o Índice de Periculosidade (*Hazard Index - HI*).

Foi aplicada uma abordagem conservadora para estimar o índice de periculosidade não carcinogênico total, que foi calculado sob a premissa de que as respostas potenciais são cumulativas.

Os riscos totais não carcinogênicos calculados para cada cenário de exposição foram comparados com a meta do Índice de Periculosidade (= 1), conforme as orientações da CETESB.

## 5.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO DA CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS

As planilhas da CETESB utilizadas no cálculo dos riscos são apresentadas no Anexo D assim como os resultados de riscos carcinogênicos e não carcinogênicos para cada receptor e via de exposição avaliados nesta ARSH. Os potenciais riscos carcinogênicos e não carcinogênicos são resumidos a seguir.

### 5.7.1 On-site - Cenário futuro Hipotético Comercial/Industrial

O sumário dos resultados de risco para receptores hipotéticos trabalhadores comerciais/industriais e trabalhadores em obras *on-site* é apresentado abaixo.

#### *Riscos Associados ao Solo*

Não foram identificadas SQIs em solo superficial para o cenário comercial/industrial. Conservadoramente, todos os dados de solo foram considerados como superficiais para os trabalhadores em obras durante

atividades de escavação. Os resultados do cálculo de risco associados ao solo superficial para os trabalhadores em obras são apresentados na Tabela 5.8.

**Tabela 5.8** *Risco Cumulativo - Solo*

Receptor	Efeito	Solo			Ingestão
		Inalação Vapores	Contato Direto Material particulado	Contato dermal	
Trabalhadores de Obras	C	3,53E-05	1,20E-12	nc	1,40E-06
	NC	1,5E+02	4,20E-06	nc	1,67E-01

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10-5 - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)  
nc: não calculado

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via de exposição de inalação de vapores a partir de solo para os trabalhadores em obras durante escavação. As SQIs responsáveis pelo risco foram 1,1,2-tricloroetano e 1,2-dicloroetano.

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo subsuperficial são apresentados na Tabela 5.9.

**Tabela 5.9** *Risco Cumulativo - Solo Subsuperficial*

Receptor	Efeito	Solo Subsuperficial		
		Inalação Ambientais Abertos	Contato Direto Ambientais Fechados	Ingestão da Água Subterrânea a partir da Lixiviação do Solo
Trabalhadores Comerciais/Industriais	C	3,02E-04	1,05E-02	2,39E-01
	NC	8,47E+01	1,70E+03	2,07E+03
Trabalhadores de Obras	C	na	na	1,92E-02
	NC	na	na	2,07E+03

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10-5 - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)  
na: não aplicável

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para as vias de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial em ambientes abertos e fechados para os trabalhadores comerciais/industriais hipotéticos *on-site*. As principais SQIs responsáveis pelo risco (que geraram os riscos mais elevados, principalmente carcinogênicos) devido a inalação de vapores a partir do solo subsuperficial foram 1,1,2-tricloroetano, 1,2-dicloroetano e clorofórmio, entre outras (Tabela 5.26). Observa-se que, atualmente, não existem ambientes fechados *on-site*, portanto o risco para inalação em ambiente fechado é hipotético e foi calculado para fins de gerenciamento de risco.

Para ambos os receptores (trabalhadores comerciais/industriais e trabalhadores em obras) foi identificado risco teórico para a via hipotética de

ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo, devido à presença principalmente de 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorofórmio, tetracloreto de carbono, tetracloroeteno e tricloroeteno, entre outros (Tabela 5.26). Observa-se que, por determinação do órgão ambiental os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, adicionalmente a região possui abastecimento público, portanto esse risco não é considerado real e foi calculado apenas para fins de gerenciamento de risco.

#### *Riscos Associados à Água Subterrânea*

Os resultados do cálculo de risco associados à água subterrânea são apresentados na Tabela 5.10.

**Tabela 5.10** *Risco Cumulativo - Água Subterrânea*

Receptor	Efeito	Inalação de Vapores		Contato Direto	
		Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Contato Dermal	Ingestão
Trabalhadores Comerciais / Industriais	C	2,64E-04	1,67E-03	5,50E-03	5,33E-02
	NC	4,69E+02	2,74E+03	8,21E+02	6,24E+03
Trabalhadores de Obras	C	3,30E-03	1,74E-02	1,72E-02	6,66E-01
	NC	4,69E+02	2,28E+03	2,05E+02	6,24E+03

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via de inalação de vapores a partir da água subterrânea em ambientes abertos e fechados para ambos os receptores avaliados no cenário futuro hipotético comercial/industrial. As principais SQIs responsáveis pelos riscos foram 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, clorofórmio, tetracloreto de carbono e tricloroeteno, entre outras (Tabela 5.26). Observa-se que, atualmente, não existem ambientes fechados *on-site*, portanto o risco para inalação em ambiente fechado é hipotético e foi calculado para fins de gerenciamento de risco.

Para ambos os receptores foram identificados riscos potenciais teóricos para as vias de exposição hipotéticas de ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea, devido a presença principalmente de 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, cloreto de vinila, clorofórmio, tetracloreto de carbono e tricloroeteno, entre outros (Tabela 5.26). Estes riscos não são considerados reais visto que por determinação do órgão ambiental os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área além disso, o nível d'água no site é considerado profundo (11 m em média). Adicionalmente a região possui abastecimento público.

O sumário dos resultados de risco para receptores hipotéticos residentes (adultos e crianças) *on-site* é apresentado abaixo.

#### *Riscos Associados ao Solo*

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo superficial são apresentados na Tabela 5.11.

**Tabela 5.11** *Risco Cumulativo - Solo Superficial*

Receptor	Efeito	Solo Superficial				
		Inalação		Contato	Ingestão	Ingestão de
		Vapores	Material particulado	dermal		vegetais
Residentes (crianças)	C	2,95E-09	1,48E-15	nc	6,11E-09	1,52E-07
	NC	1,94E-04	9,75E-11	nc	1,34E-04	3,35E-03
Residentes (adultos)	C	2,43E-09	1,22E-15	nc	3,27E-09	3,16E-07
	NC	3,20E-05	1,61E-11	nc	1,44E-05	1,39E-03

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogénico e 1 - não carcinogénico)  
nc: não calculado

Não foram identificados riscos teóricos acima dos limites para os residentes hipotéticos *on-site* para as vias de exposição associadas ao solo superficial.

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo subsuperficial são apresentados na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12** *Risco Cumulativo - Solo Subssuperficial*

Receptor	Efeito	Solo Subssuperficial		
		Inalação		Contato Direto
		Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Ingestão de Água Subterrâneas a partir da Lixiviação do Solo
Residentes (crianças)	C	2,22E-04	1,68E-04	3,24E-01
	NC	2,59E+02	1,67E+04	1,16E+04
Residentes (adultos)	C	3,66E-04	2,76E-02	6,93E-01
	NC	8,52E+01	5,47E+03	4,99E+03

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogénico e 1 - não carcinogénico)

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para as vias de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial em ambientes abertos e fechados para os residentes hipotéticos *on-site*. As principais SQIs responsáveis pelo risco (que geraram os riscos mais elevados, principalmente carcinogénicos) devido a inalação de vapores a partir do solo subsuperficial foram 1,1,2,2-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,2-dicloroetano e clorofórmio, entre outras (Tabela 5.27). Observa-se que, atualmente, não existem ambientes

fechados *on-site*, portanto o risco para inalação em ambiente fechado é hipotético e foi calculado para fins de gerenciamento de risco

Para os residentes hipotéticos *on-site* também foi identificado risco teórico para a via hipotética de ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo, devido à presença principalmente de 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, cloreto de metileno, cloreto de vinila, clorofórmio, tetracloreto de carbono, tetracloroetano e tricloroetano, entre outros (Tabela 5.27). Observa-se que, por determinação do órgão ambiental, os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, adicionalmente a região possui abastecimento público, portanto esse risco não é considerado real e foi calculado apenas para fins de gerenciamento de risco.

#### Riscos Associados à Água Subterrânea

Os resultados do cálculo de risco associados à água subterrânea são apresentados na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 Risco Cumulativo - Água Subterrânea

Receptor	Efeito	Inalação de Vapores		Contato Direto	
		Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Contato Dermal	Ingestão
Residentes (crianças)	C	2,90E-03	3,46E-02	4,52E-02	9,00E-01
	NC	1,72E+03	1,92E+04	2,25E+03	3,51E+04
Residentes (adultos)	C	4,78E-03	5,68E-02	2,10E-01	1,93E+00
	NC	5,66E+02	6,30E+03	2,09E+03	1,51E+04

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10-5 - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via de inalação de vapores a partir da água subterrânea em ambientes abertos e fechados para ambos os receptores avaliados no cenário futuro hipotético residencial. As principais SQIs responsáveis pelos riscos foram 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, cloreto de vinila, clorofórmio, tetracloreto de carbono e tricloroetano, entre outras (Tabela 5.27). Observa-se que, atualmente não existem ambientes fechados *on-site*, porém o risco foi calculado para fins de gerenciamento de risco.

Para os residentes hipotéticos *on-site* foram identificados riscos potenciais teóricos para as vias de exposição hipotéticas de ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea, devido à presença principalmente de 1,1,1,2-tetracloroetano, 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, cloreto de vinila, clorofórmio, tetracloreto de carbono, tetracloroetano e tricloroetano. Estes riscos não são considerados reais visto que por determinação do órgão ambiental os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, além disso, o nível d'água no site é considerado profundo (11 m em média).

Adicionalmente a região possui abastecimento público.

### 5.7.3

#### *Off-site - Galpão Comercial a Noroeste*

O sumário dos resultados de risco para receptores hipotéticos trabalhadores comerciais/industriais e trabalhadores em obras *off-site* localizados a noroeste é apresentado abaixo. Observa-se que o Galpão se encontra desocupado atualmente. Ressalta-se que o cenário de intrusão de vapores a partir da água subterrânea não foi avaliado para estes receptores, visto que estes receptores estão localizados próximo a região no qual foi identificado o topo rochoso a menos de 1,5 m de profundidade (Figura 08, Anexo A), e dessa forma, a ferramenta de cálculo (i.e., planilhas da CETESB) não se aplica, conforme acordado com a CETESB em reunião realizada no dia 20 de setembro de 2017. O cenário de intrusão de vapores para estes receptores será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório.

#### *Riscos Associados ao Solo*

Não foram identificadas SQIs em solo superficial para estes receptores (cenário comercial/industrial). Conservadoramente, todos os dados de solo foram considerados como superficiais para os receptores hipotéticos trabalhadores em obras durante atividades de escavação. Os resultados do cálculo de risco associados ao solo superficial para os trabalhadores em obras são apresentados na Tabela 5.14.

**Tabela 5.14** *Risco Cumulativo - Solo Superficial*

Receptor	Efeito	Solo Superficial			Ingestão
		Inalação de vapores	Inalação de material particulado	Contato dérmico	
Trabalhadores de Obras	C	4,28E-08	1,43E-15	nc	8,94E-09
	NC	8,06E-03	2,70E-10	nc	2,36E-04

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênicos e 1 - não carcinogênicos)  
nc: não calculado

Não foram identificados riscos teóricos acima dos limites para os trabalhadores em obras *off-site* hipotéticos a noroeste associados ao solo durante escavação.

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo subsuperficial são apresentados na Tabela 5.15.



Tabela 5.15 Risco Cumulativo - Solo Subsuperficial

Receptor	Efeito	Solo Subsuperficial		
		Inalação Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Contato Direto Ingestão da Água Subterrânea a partir da Lixiviação do Solo
Trabalhadores Comerciais	C	1,43E-08	1,37E-06	1,12E-03
	NC	2,15E-04	2,06E-02	2,80E+00
Trabalhadores de Obras	C	na	na	8,96E-05
	NC	na	na	2,80E+00

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)  
na: não aplicável

Não foram identificados riscos teóricos acima do limite para as vias de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial em ambientes abertos e fechados para os trabalhadores comerciais hipotéticos.

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via hipotética de ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo para os trabalhadores comerciais e em obras (receptores hipotéticos) localizados a noroeste (*off-site*), devido à presença de 1,2-dicloroetano e cloreto de vinila em solo subsuperficial. Observa-se que, por determinação do órgão ambiental, os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, adicionalmente a região possui abastecimento público, portanto esse risco não é considerado real e foi calculado apenas para fins de gerenciamento de risco.

#### Riscos Associados à Água Subterrânea

Os resultados do cálculo de risco associados à água subterrânea são apresentados na Tabela 5.16.

Tabela 5.16 Risco Cumulativo - Água Subterrânea

Receptor	Efeito	Contato Direto	
		Contato Dermal	Ingestão
Trabalhadores Comerciais	C	3,55E-03	9,67E-02
	NC	7,23E+01	1,46E+03
Trabalhadores de Obras	C	1,14E-03	7,74E-03
	NC	2,89E+02	1,46E+03

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Para ambos os receptores hipotéticos (trabalhadores comerciais e em obras localizados no galpão a noroeste) foram identificados riscos potenciais teóricos para as vias de exposição hipotéticas de ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea, devido à presença principalmente de 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, clorofórmio, tetracloreto de carbono e tricloroetano, entre outras

(Tabela 5.28). Estes riscos não são considerados reais visto que, por determinação do órgão ambiental, os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, além disso, o nível d'água na região noroeste do site também é considerado profundo (8,7 m em média). Adicionalmente a região possui abastecimento público

#### 5.7.4 *Off-site - Área Rural a Norte - Chácara Estrela*

O sumário dos resultados de risco para receptores residentes rurais *off-site* localizados a norte é apresentado abaixo. Ressalta-se que o cenário de intrusão de vapores a partir da água subterrânea não foi avaliado para estes receptores, visto que estão localizados próximo a região no qual foi identificado o topo rochoso a menos de 1,5 m de profundidade (Figura 08, Anexo A), e dessa forma, a ferramenta de cálculo (i.e., planilhas da CETESB) não se aplica, conforme acordado com a CETESB em reunião realizada no dia 20 de setembro de 2017. O cenário de intrusão de vapores para estes receptores será avaliado na VI, apresentado no item 6 deste relatório.

#### *Riscos Associados ao Solo*

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo superficial para os residentes localizados a norte (*off-site*) são apresentados na Tabela 5.17.

**Tabela 5.17** *Risco Cumulativo - Solo Superficial*

Receptor	Efeito	Solo Superficial				
		Contato Direto				
		Inalação de vapores	Inalação de material particulado	Contato dermal	Ingestão	Ingestão de vegetais
Residentes (crianças)	C	nc	nc	nc	nc	nc
	NC	nc	nc	nc	6,52E-04	nc
Residentes (adultos)	C	nc	nc	nc	nc	nc
	NC	nc	nc	nc	6,99E-05	nc

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)  
nc: não calculado

Não foram identificados riscos teóricos acima dos limites para os residentes *off-site* a norte associados ao solo superficial para as vias avaliadas e/ou o risco não pode ser calculado pela planilha da CETESB devido a limitações nos parâmetros disponíveis para as SQIs identificadas.

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo subsuperficial são apresentados na Tabela 5.18.

**Tabela 5.18 Risco Cumulativo - Solo Subsuperficial**

Receptor	Efeito	Solo Subsuperficial		
		Inalação Ambientes Abertos	Ambientes Fechados	Contato Direto Ingestão da Água Subterrânea a partir da Lixiviação do Solo
Residentes (crianças)	C	3,26E-08	2,49E-06	5,11E-04
	NC	2,97E-03	2,27E-01	3,03E+01
Residentes (adultos)	C	5,37E-08	4,08E-06	1,10E-03
	NC	9,80E-04	7,44E-02	1,30E+01

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Não foram identificados riscos teóricos acima do limite para as vias de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial em ambientes abertos e fechados para os residentes da Chácara Estrela.

Foram identificados riscos teóricos acima dos limites para a via hipotética de ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo para os residentes localizados a norte (*off-site*), devido à presença de 1,2-dicloroetano, cis-1,2-dicloroeteno e tricloroeteno em solo subsuperficial. Observa-se que, por determinação do órgão ambiental, os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, adicionalmente a região possui abastecimento público, portanto esse risco não é considerado real e foi calculado apenas para fins de gerenciamento de risco.

#### **Riscos Associados à Água Subterrânea**

Os resultados do cálculo de risco associados à água subterrânea são apresentados na Tabela 5.19.

**Tabela 5.19 Risco Cumulativo - Água Subterrânea**

Receptor	Efeito	Contato Direto	
		Contato Dermal	Ingestão
Residentes (crianças)	C	9,33E-03	1,31E-01
	NC	7,39E+02	9,22E+03
Residentes (adultos)	C	4,34E-02	2,80E-01
	NC	7,36E+02	3,52E+03

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Foram identificados riscos potenciais teóricos para os residentes a norte (*off-site*) para as vias de exposição hipotéticas de ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea, devido à presença principalmente de 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, clorofórmio, tetracloreto de carbono e tricloroeteno, entre outras (Tabela 5.29). Estes riscos não são considerados reais visto que, por determinação do órgão ambiental, os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum

fim na área, além disso, o nível d'água a norte do site é considerado profundo (6,3 m em média). Adicionalmente a região possui abastecimento público.

#### 5.7.4 *Off-site - Área Rural ao Sul- Chácara do Vovô*

O sumário dos resultados de risco para receptores residentes rurais *off-site* localizados ao sul é apresentado abaixo. Ressalta-se que o cenário de intrusão de vapores a partir da água subterrânea não foi avaliado para estes receptores, visto que estes receptores estão localizados próximo a região no qual foi identificado o topo rochoso a menos de 1,5 m de profundidade (Figura 03, Anexo A), e dessa forma, a ferramenta de cálculo (i.e., planilhas da CETESB) não se aplica, conforme acordado com a CETESB em reunião realizada no dia 20 de setembro de 2017. O cenário de intrusão de vapores para estes receptores será avaliado no VL apresentado no item 6 deste relatório

#### *Riscos Associados ao Solo*

Não foram identificadas concentrações em solo superficial acima dos valores de referência na região sul *off-site* a partir dos dados avaliados, dessa forma, não foram identificadas SQIs neste meio e, portanto, não foram identificados riscos associados ao solo superficial para os residentes localizados ao sul (*off-site*).

Os resultados do cálculo de risco associados ao solo subsuperficial são apresentados na Tabela 5.20.

**Tabela 5.20** *Risco Cumulativo - Solo Subsuperficial*

Receptor	Efeito	Solo Subsuperficial	
		Inalação Ambientais Abertos	Contato Direto Ingestão da Água Subterrânea a partir da Lixiviação do Solo
Residentes (crianças)	C	2,21E-09	1,02E-04
	NC	1,46E-04	2,25E+00
Residentes (adultos)	C	3,65E-09	2,19E-04
	NC	4,81E-05	9,63E-01

Notas:  
Valores em negrito: acima dos valores de referência (10-5 - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Não foram identificados riscos teóricos acima do limite para a via de exposição de inalação de vapores a partir do solo subsuperficial em ambientes abertos para os residentes da Chácara da Vovó.

Foram identificados riscos acima dos limites para a via hipotética de ingestão de água subterrânea a partir da lixiviação do solo para os residentes localizados ao sul (*off-site*), devido à presença de 1,2-dicloroetano solo subsuperficial. Observa-se que, por determinação do órgão ambiental, os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área,

adicionalmente a região possui abastecimento público, portanto esse risco não é considerado real e foi calculado apenas para fins de gerenciamento de risco.

### *Riscos Associados à Água Subterrânea*

Os resultados do cálculo de risco associados à água subterrânea são apresentados na Tabela 5.21.

**Tabela 5.21** Risco Cumulativo - Água Subterrânea

Receptor	Efeito	Contato Direto	
		Contato Dermal	Ingestão
Residentes (crianças)	C	7,95E-03	1,20E-01
	NC	5,62E+02	6,33E+03
Residentes (adultos)	C	3,69E-02	2,57E-01
	NC	5,22E+02	2,71E+03

Notas:  
Valores em negrito acima dos valores de referência (10<sup>-5</sup> - carcinogênico e 1 - não carcinogênico)

Foram identificados riscos potenciais teóricos para os residentes ao sul (*off-site*) para as vias de exposição hipotéticas de ingestão de água subterrânea e contato dermal com água subterrânea, devido à presença principalmente de 1,1,2,2-tetracloroetano, 1,1,2-tricloroetano, 1,1-dicloroetano, 1,2-dicloroetano, benzeno, cloro de vinila, clorofórmio, tetracloreto de carbono, tetracloroeteno e tricloroeteno, entre outras (Tabela 5.30). Estes riscos não são considerados reais visto que os recursos hídricos locais não devem ser utilizados para nenhum fim na área, além disso, o nível d'água ao sul do site é considerado profundo (12,3 m em média). Adicionalmente a região possui abastecimento público.

## 5.8

### ANÁLISE DE INCERTEZAS

Em qualquer avaliação de riscos, existem incertezas associadas a cada etapa do processo de quantificação de riscos. A incerteza é muitas vezes mal interpretada e compreendida por muitos como sendo equivalente a erro ou indecisão. Estas questões podem ser um fator de incerteza, porém, na avaliação de risco, a incerteza é definida como tendo dois componentes: variabilidade e verdadeira incerteza. Variabilidade explica a variação natural ou inerente em sistemas naturais. Os cálculos relativos à variabilidade incluem estatísticas descritivas, tais como desvio padrão ou erro padrão da média. Os erros de medição ocorrem com qualquer técnica utilizada. Tais erros de medição podem ser apresentados em termos de precisão e precisão.

As incertezas específicas relacionadas a presente avaliação de risco são discutidas abaixo, avaliando-se, quando possível, os seus impactos nas estimativas finais de risco.

### *Exposição no Ponto de Exposição*

As concentrações máximas de cada SQI de cada área foram consideradas como as concentrações do ponto de exposição (EPC) para os receptores humanos avaliados nesta ARSH. Esta é uma abordagem considerada conservadora e irá superestimar os riscos para outras áreas do *site*. Se os indivíduos estão expostos as SQIs, não se espera que os mesmos estejam expostos à concentração máxima detectada no local 100% do tempo de exposição. Para diminuir as incertezas associadas ao uso da concentração máxima, as EPCs foram determinadas por região (i.e., *on-site*, *off-site* norte, *off-site* noroeste, *off-site* sul) para avaliação da exposição de cada receptor considerado nesta ARSH.

Conforme descrito na seção 5.4, a seleção das SQIs no solo foi baseada nas investigações ambientais realizadas no *site* desde 2013. As SQIs existentes em água subterrânea foram identificadas com base nas últimas quatro campanhas de monitoramento de água subterrânea realizadas em 2016 e 2017.

### *Modelagem de Transporte de Contaminantes*

As concentrações de vapores a partir dos meios físicos avaliados foram modeladas a partir água subterrânea para o ar usando o modelo de J&E incluído nas planilhas da CETESB. O modelo J&E destina-se a estimar a infiltração de vapores em edifícios individuais, e esta ARSH usou o modelo para estimar a infiltração de vapores em prédios futuros hipotéticos que possam ser construídos no *site*. O modelo J&E também permite a estimativa de concentrações de vapor no ar exterior usando um "modelo de caixa", utilizada para avaliação da exposição para a via de inalação de vapores em ambientes abertos.

As concentrações em ar foram calculadas com base nos dados disponíveis específicos do *site*, incluindo a profundidade para o lençol freático, a temperatura da água subterrânea, a largura da área da fonte na direção do fluxo da água subterrânea e a espessura da pluma dissolvida em água subterrânea. Para outros parâmetros, os valores *default* foram utilizados nas planilhas da CETESB. Os valores *default* são valores conservadores, adicionalmente, a concentração em ar foi calculada utilizando a concentração máxima da SQI encontrada em solo e/ou água subterrânea, portanto, a abordagem não subestima a exposição.

Como mencionado anteriormente, o modelo J&E é aplicável somente para meio poroso, dessa forma, o mesmo não foi utilizado para o cálculo de risco para inalação de vapores a partir da água subterrânea para os receptores *off-site*, visto que foram identificadas regiões nas quais o topo rochoso encontrava-se a uma profundidade menor do que 1,5m. Essa abordagem foi aplicada para se garantir a aplicabilidade do modelo e não subestimar e/ou superestimar o risco nessas regiões. O risco para inalação de vapores para os receptores *off-site* será avaliado no VI, apresentado no item 6 deste relatório.

As concentrações de SQIs presentes em material particulado no ar para avaliação de via de inalação de partículas foi modelado pelas planilhas da CETESB a partir de um modelo de dispersão. Espera-se que esse modelo determina concentrações conservadoras das SQIs no ar, o que superestima o risco calculado.

#### *Avaliação da Exposição*

Os parâmetros de exposição utilizados para avaliar o risco no *site* foram os fornecidos nas planilhas de avaliação de risco da CETESB. A maioria dos valores *default* considerados pela CETESB foram obtidos a partir de documentos de orientação publicados pela US EPA. Como resultado, espera-se que as exposições estimadas sejam conservadoras e superestimem as exposições potenciais no local.

Dado os conservadorismos do modelo (parâmetros de exposição), é altamente improvável que os cálculos subestimem o risco de cada área.

#### *Avaliação da Toxicidade*

Existe também incerteza associada à estimativa dos valores de referência de toxicidade. Para compensar a incerteza na extrapolação de estudos animais para seres humanos de forma conservadora, quando não há estudo em humanos, é uma prática padrão no risco para a saúde humana assumir que as pessoas são mais sensíveis aos efeitos tóxicos de uma substância do que animais de laboratório. Dessa forma, a referência de toxicidade para a saúde humana é fixada num nível muito mais baixo do que o índice de referência animal (tipicamente 100 a 1.000 vezes inferior). Esta elevada margem de segurança é utilizada de modo que as doses inferiores ao valor de referência de toxicidade sejam seguras e que pequenas excedências destes valores de referência sejam extremamente improváveis de causar efeitos adversos para a saúde.

#### *Sumário das Incertezas*

Embora haja uma série de incertezas que ocorram ao longo da avaliação de risco, tomadas coletivamente, elas não prejudicam a validade das conclusões sobre os riscos atuais do *site*. As implicações das variabilidades e incertezas identificadas nestas avaliações de risco são (1) as estimativas de exposição são elevadas; (2) Valores de toxicidade de referência são baixos; e, (3) o risco, como estimado nos cálculos da ARSH, foi superestimado para os receptores humanos. É improvável que os riscos adversos para a saúde tenham sido subestimados neste estudo. Pelo contrário, espera-se que os cálculos de risco sejam superestimados no *site*.

**CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS (CMAs)**

Os valores das CMAs são interpretados como sendo as metas de remediação do *sítio*. As metas de remediação representam as máximas concentrações das SQIs em um determinado meio físico que não causam risco à saúde humana, caso ocorra exposição de um indivíduo ou uma população.

As CMAs foram estimadas com base nos resultados obtidos para todos os cenários considerados neste estudo, especificamente representados pelas variáveis mais conservadoras e restritivas adotadas.

As metas de remediação foram calculadas a partir da relação entre os resultados da avaliação de risco à saúde humana e as EPCs adotadas para cada uma das SQIs, associada aos limites aceitáveis de risco determinados pela CETESB ( $10^{-5}$  para riscos carcinogênicos e 1 para riscos não carcinogênicos), conforme as equações a seguir:

**Riscos Carcinogênicos**

$$CMA = \frac{TR}{IF \times SF} \times \frac{EPC}{R_T}$$

Sendo:

CMAs = Metas de remediação com base no risco, específicas para cada SQI;

TR = Metas de risco aceitável, determinadas pela CETESB (=  $10^{-5}$  para riscos carcinogênicos);

IF = Fator de ingresso, obtido a partir dos parâmetros de exposição (ex.: peso corpóreo, duração da exposição, entre outros);

SF = Fatores de incidência de câncer, específicos para cada SQI e correspondente ao CSF;

EPC = Concentrações no ponto de exposição (valores específicos para cada SQI); e

RT = Riscos carcinogênicos cumulativos quantificados para cada SQI.

**Riscos Não Carcinogênicos**

$$CMA = \frac{HQT \times R_f \times D}{IF} \times \frac{EPC}{HQ_T}$$



Sendo:

CMA = Metas de remediação com base no risco, específicas para cada SQI;

HQT = Meta de risco aceitável (meta de HQ), determinada pela CETESB (= 1 para riscos não carcinogênicos);

IF = Fator de ingresso, obtido a partir dos parâmetros de exposição (ex.: peso corpóreo, duração da exposição, entre outros);

RfD = Doses de referência, específicas para cada SQI;

EPC = Concentrações no ponto de exposição (valores específicos para cada SQI); e

HQ<sub>c</sub> = Quociente de Periculosidade (sem unidade).

Entre os valores desenvolvidos para o risco carcinogênico e não carcinogênico, o valor mais restritivo é escolhido para ser protetor de qualquer população potencialmente exposta.

As planilhas da ARSH, incluindo as CMAs calculadas, são apresentadas no Anexo D. Os sumários das CMAs para solo são apresentados nas Tabelas E.1 a E.9 (Anexo E). As CMAs para água subterrânea são apresentadas nas Tabelas E.10 a E.16 (Anexo E).

As CMAs determinadas para as vias de exposição consideradas completas neste ARSH foram utilizadas para montar mapas de risco e são apresentadas nas Tabelas 5.22 a 5.25. Os mapas de risco apresentam todos os pontos de amostragem no qual foram identificadas concentrações que geram um risco acima do limite estabelecido pela CETESB, ou seja, estão acima das CMAs, assim como os resultados da amostragem de vapores do solo da Sanifox e do IV (item 6). Os mapas de risco serão apresentados no item 7.

**Tabela 5.22** Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs) – Solo Subsuperficial – Cenário Hipotético Comercial/Industrial on-site

Parâmetro	CMA – Solo Subsuperficial (mg/kg)	
	Inalação de vapores	
	Ambientes Abertos	Ambientes Fechados
1,1,2,2-Tetracloroetano	4,16E+00	6,71E-01
1,1,2-Tricloroetano	1,67E+00	8,63E-02
1,1-Dicloroetano	1,51E+02	2,98E+00
1,2-Dicloroetano	9,27E+00	1,85E-01
Cis-1,2-Dicloroetano	nc	nc
Benzeno	3,09E+01	6,12E-01
Cloreto de Metileno	5,02E+03	9,95E+01

Parâmetro	CMA – Solo Subsuperficial (mg/kg)	
	Inalação de vapores	
	Ambientes Abertos	Ambientes Fechados
Cloroto de Vinila	5,48E+01	1,09E+00
Clorobenzeno	4,18E+02	1,20E+01
Clorofórmio	1,05E+01	2,08E-01
Tetracloroto de Carbono	4,02E+01	7,96E-01
Tetracloroeteno	3,35E+02	6,63E+00
Tricloroeteno	1,67E+01	3,32E-01

**Tabela 5.23** Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs) – Solo Subsuperficial – Cenário Hipotético Residencial on-site

Parâmetro	CMA – Solo Subsuperficial (mg/kg)	
	Inalação de vapores	
	Ambientes Abertos	Ambientes Fechados
1,1,2,2-Tetracloroetano	3,44E+00	1,70E-01
1,1,2-Tricloroetano	5,49E-01	8,61E-03
1,1-Dicloroetano	1,25E+02	1,30E+00
1,2-Dicloroetano	7,68E+00	8,01E-02
Cis-1,2-Dicloroetano	nc	nc
1,4-Diclorobenzeno	1,82E+01	6,45E-01
Benzeno	2,56E+01	2,67E-01
Cloroto de Metileno	1,65E+03	1,71E+01
Cloroto de Vinila	4,54E+01	4,73E-01
Clorobenzeno	1,37E+02	1,42E+00
Clorofórmio	8,66E+00	9,05E-02
Naftaleno	2,40E+01	1,92E+00
Tetracloroto de Carbono	3,33E+01	3,47E-01
Tetracloroeteno	1,10E+02	1,14E+00
Tricloroetano	5,49E+00	5,70E-02

**Tabela 5.24** Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs) – Água Subterrânea – Cenário Hipotético Comercial/Industrial on-site

Parâmetro	CMA – Água Subterrânea (mg/L)	
	Inalação de vapores	
	Ambientes Abertos	Ambientes Fechados
1,1,1,2-Tetracloroetano	2,06E+01	3,97E+00
1,1,2,2-Tetracloroetano	1,30E+01	2,91E+00
1,1,2-Tricloroetano	1,94E+00	3,38E-01
1,2,3-Tricloropropano	7,21E+00	1,34E+00
1,1-Dicloroetano	3,33E+01	5,57E+00
1,1-Dicloroeteno	9,86E+01	1,26E+01
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	4,45E-01	1,03E-01
1,2-Dicloroetano	6,47E+00	1,29E+00
Cis-1,2-Dicloroetano	nc	nc
Trans-1,2-Dicloroetano	1,35E+02	1,94E+01
1,3-Dicloropropano	nc	nc
Benzeno	6,58E+00	1,09E+00

Parâmetro	CMA - Água Subterrânea (mg/L)	
	Inalação de vapores	
	Ambientes Abertos	Ambientes Fechados
Bromoclorometano	2.07E+02	3.42E+01
Bromodichlorometano	4.03E+00	7.84E-01
Clorometano	8.08E+01	1.07E+01
Cloro de Metileno	1.41E+03	2.07E+02
Cloro de Vinila	2.48E+00	3.77E-01
Clorobenzeno	1.66E+02	2.47E+01
Clorofórmio	3.38E+00	5.98E-01
Hexaclorobutadieno	4.01E+00	6.79E-01
Naftaleno	1.57E+01	3.43E+00
Tetracloroeto de Carbono	3.30E+00	5.08E-01
Tetracloroeteno	4.52E+01	5.95E+00
Tricloroeteno	2.80E+00	3.78E-01

**Tabela 5.25** *Concentrações Máximas Aceitáveis (CMAs) - Água Subterrânea - Cenário Hipotético Residencial on-site*

Parâmetro	CMA - Água Subterrânea (mg/L)	
	Inalação de vapores	
	Ambientes Abertos	Ambientes Fechados
1,1,1,2-Tetracloroetano	1.49E+01	1.21E+00
1,1,2,2-Tetracloroetano	8.97E+00	8.63E-01
1,1,2-Tricloroetano	5.30E-01	4.80E-02
1,2,3-Tricloropropano	1.97E+00	1.88E-01
1,1-Dicloroetano	2.30E+01	1.75E+00
1,1-Dicloroeteno	2.69E+01	1.91E+00
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	3.07E-01	3.04E-02
1,2-Dicloroetano	4.47E+00	3.90E-01
Cis-1,2-Dicloroeteno	nc	nc
Trans-1,2-Dicloroeteno	3.68E+01	2.87E+00
1,3-Dicloropropano	nc	nc
Benzeno	4.55E+00	3.45E-01
Bromoclorometano	5.65E+01	4.91E+00
Bromodichlorometano	2.78E+00	2.39E-01
Clorometano	2.21E+01	1.62E+00
Cloro de Metileno	3.85E+02	3.05E+01
Cloro de Vinila	1.71E+00	1.21E-01
Clorobenzeno	4.53E+01	3.62E+00
Clorofórmio	2.33E+00	1.86E-01
Hexaclorobutadieno	2.77E+00	2.13E-01
Naftaleno	1.09E+01	1.02E+00
Tetracloroeto de Carbono	2.28E+00	1.63E-01
Tetracloroeteno	1.23E+01	8.97E-01
Tricloroeteno	7.65E-01	5.66E-02

## 5.10

### SUMÁRIO DOS RESULTADOS DE RISCO

As Tabelas 5.26 a 5.30 resumem os resultados de risco identificados para os receptores avaliados nesta ARSH.



potético Comercial/Industrial on-site

Risco Inaceitável	Observação
DCA	Risco se completa apenas em caso de condução de escavação no local, pois não foram identificadas SQIs em solo superficial.
CA, 1,2-DCA, Clorofórmio	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
A, Clorofórmio, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, o, PCE, TCE	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
TCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Benzeno, DCM, VC, Clorobenzeno, eto de Carbono, PCE, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, o, PCE, TCE	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
TCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Benzeno, DCM, VC, Clorobenzeno, eto de Carbono, PCE, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
A, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
E, 1,2-DCA, Trans-1,2-DCE, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono,	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCF, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, eto de Carbono, TCE	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
A, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCF, 1,1-DCA, DBCP, 1,2-DCA, Benzeno, o, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans- M, VC, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE,	
Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
A, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
1,2-DCA, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
E, 1,2-DCA, Trans-1,2-DCE, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono,	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCF, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, eto de Carbono, TCE	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, mfo, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCF, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, eto de Carbono, TCE	
2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans- M, VC, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE,	

C: 1,2,3-tricloropropano; 1,1-DCA: 1,1-Dicloroetano; 1,1-DCE: 1,1-Dicloroetano; 1,2-DCA: 1,2-Dicloroetano; Cis-1,2-DCE: Cis-1,2-Dicloroetano; eto de Carbono; VC: Cloro de Vinila; PCE: Tetracloreto; TCE: Tricloroetano.

Tabela 5.27 Sumário dos Resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana - Cenário P

Meio	Receptores	Via de Exposição	SQI que apresentou
Solo Subsuperficial	Residentes (crianças)	Inalação de vapores (ambiente aberto)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF NC: 1,1,2-TCA, 1,2-DCE
		Inalação de vapores (ambiente fechado)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Tetracloreto de Carbono NC: 1,1,2-TCA, 1,2-DCE, Clorobenzeno, PCE, TCE
		Ingestão a partir da lixiviação	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Tetracloreto de Carbono, PCB, TCDF NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Clorobenzeno, Clorofórmio
	Residentes (adultos)	Inalação de vapores (ambiente aberto)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF NC: 1,1,2-TCA, 1,2-DCE
		Inalação de vapores (ambiente fechado)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Tetracloreto de Carbono NC: 1,1,2-TCA, 1,2-DCE
		Ingestão a partir da lixiviação	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCDF NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Clorobenzeno, Clorofórmio
Água subterrânea	Residentes (crianças)	Inalação de vapores (ambiente aberto)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, TCE NC: 1,1,2-TCA, 1,1-DCE
		Inalação de vapores (ambiente fechado)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Tetracloreto de Carbono, TCE NC: 1,1,2-TCA, 1,1-DCE
		Contato dermal	C: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono NC: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-DCE, Benzeno, VC
		Ingestão	C: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-DCM, VC, Clorofórmio NC: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-Trans-1,2-DCE, 1,3-DCE, Carbono, PCE, TCE
	Residentes (adultos)	Inalação de vapores (ambiente aberto)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Carbono, TCE NC: 1,1,2-TCA, 1,1-DCE, de Carbono, PCE, TCE
		Inalação de vapores (ambiente fechado)	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCF, Carbono, TCE NC: 1,1,2-TCA, 1,1-DCE, de Carbono, PCE, TCE
		Contato dermal	C: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-Clorofórmio, Hexacloroetano NC: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-DCE, Benzeno, VC
		Ingestão	C: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-Bromodiflorometano, VC NC: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-Trans-1,2-DCE, Benzeno, PCE, TCE

Notas: C - Risco carcinogênico; NC - Risco não carcinogênico  
 1,1,1,2-PCA: 1,1,1,2-Tetracloreto; 1,1,2,2-PCA: 1,1,2,2-Tetracloreto; 1,1,2-TCA: 1,1,2-Tricloroetano; 1,2,3-TCF: 1,2,3-Tricloroetano; 1,1,2-TCF: 1,1,2-Tricloroetano; 1,1,2-TCE: 1,1,2-Tricloroetano; 1,1,2-DCE: 1,1,2-Dicloroetano; DBCP: Dibromocloropropano; DCM: Cloro de metileno (diclorometano)

*potético Residencial on-site*

Risco Inaceitável	Observação
CA, 1,2-DCA, Clorofórmio	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, Clorofórmio, Naftaleno, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, Benzeno, Clorobenzeno, Clorofórmio, Naftaleno, Tetracloreto de	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
TCA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, Naftaleno, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
CA, 1,2-DCA, Clorofórmio	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, Clorofórmio, Naftaleno, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, Clorobenzeno, Clorofórmio, PCE, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
TCA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, Naftaleno, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,2-DCA, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,2-DCA, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCP, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCP, 1,1-DCA, DBCP, 1,2-DCA, Benzeno, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE, DBCP, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCP, 1,1-DCA, DBCP, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,2-DCA, Trans-1,2-DCE, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
CA, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	Risco considerado potencial, o mapa de risco será apresentado no item 7.
CA, 1,2-DCA, Trans-1,2-DCE, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCP, 1,1-DCA, DBCP, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,2,3-TCP, 1,1-DCA, DBCP, 1,2-DCA, Benzeno, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
PCA, 1,1,2-TCA, 1,1-DCA, 1,1-DCE, DBCP, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Clorobenzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	

1,2,3-tricloropropano; 1,1-DCA: 1,1-Dicloroetano; 1,1-DCE: 1,1-Dicloroeteno; 1,2-DCA: 1,2-Dicloroetano; Cis-1,2-DCE: Cis-1,2-Dicloroeteno; Trans-1,2-DCE: Trans-1,2-Dicloroeteno; VC: Cloreto de Vinila; PCE: Tetracloreto; TCE: Tricloroetano.

Tabela 5.28 *Sumário dos Resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana - Cenário Co*

Meio	Receptores	Via de Exposição	SQI que apresentou risco
Solo Subsuperficial	Trabalhador comercial	Ingestão a partir da lixiviação	C e NC: 1,2-DCA, VC
	Trabalhador em obras	Ingestão a partir da lixiviação	C e NC: 1,2-DCA, VC
Água subterrânea	Trabalhador comercial	Contato dermal	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, TCE
		Ingestão	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Carbono, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, Benzeno, DCM, Clorofórmio
	Trabalhador em obras	Contato dermal	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Carbono, TCE
		Ingestão	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Carbono, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono

Notas: C - Risco carcinogênico; NC - Risco não carcinogênico  
 1,1,1,2-PCA: 1,1,1,2-Tetracloreto; 1,1,2,2-PCA: 1,1,2,2-Tetracloreto; 1,1,2-TCA: 1,1,2-Tricloroetano; 1,2,3-TC: 1,2,3-Tricloroetano; Trans-1,2-DCE: Trans-1,2-Dicloroetano; DBCP: Dibromocloropropano; DCM: Cloro de metileno (diclorometano); VC: Vapor de Carbono

Tabela 5.29 *Sumário dos Resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana - Cenário Res*

Meio	Receptores	Via de Exposição	SQI que apresentou risco
Solo Subsuperficial	Residentes (crianças)	Ingestão a partir da lixiviação	C: 1,2-DCA, TCE NC: 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, TCE
	Residentes (adultos)	Ingestão a partir da lixiviação	C: 1,2-DCA, TCE NC: 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, TCE
Água Subterrânea	Residentes (crianças)	Contato dermal	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Carbono, TCE NC: 1,1,2-TCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Carbono, PCE, TCE
		Ingestão	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Carbono, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio
	Residentes (adultos)	Contato dermal	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Carbono, TCE NC: 1,1,2-TCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Carbono, PCE, TCE
		Ingestão	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Carbono, PCE, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, 1,1,1-Tricloroetano, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono

Notas: C - Risco carcinogênico; NC - Risco não carcinogênico  
 1,1,1,2-PCA: 1,1,1,2-Tetracloreto; 1,1,2,2-PCA: 1,1,2,2-Tetracloreto; 1,1,2-TCA: 1,1,2-Tricloroetano; 1,2,3-TC: 1,2,3-Tricloroetano; Trans-1,2-DCE: Trans-1,2-Dicloroetano; DBCP: Dibromocloropropano; DCM: Cloro de metileno (diclorometano); VC: Vapor de Carbono



Comercial off-site - Galpão Industrial a noroeste

aceitável	Observação
	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
1,1-DCA, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
1,2-DCE, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Tetracloreto de Carbono, TCE	
1,1-DCA, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, TCE	
1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, DCM, Carbono, TCE	

1,2-Dicloropropano; 1,1-DCA: 1,1-Dicloroetano; 1,1-DCE: 1,1-Dicloroetano; 1,2-DCA: 1,2-Dicloroetano; Cis-1,2-DCE: Cis-1,2-Dicloroetano; VC: Cloreto de Vinil; PCE: Tetracloreto; TCE: Tricloroetano.

Comercial off-site - Chácara Estrela a norte

aceitável	Observação
	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	
1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, DCM, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	
1,1-DCA, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, DCM, Carbono, PCE, TCE	

1,2-Dicloropropano; 1,1-DCA: 1,1-Dicloroetano; 1,1-DCE: 1,1-Dicloroetano; 1,2-DCA: 1,2-Dicloroetano; Cis-1,2-DCE: Cis-1,2-Dicloroetano; VC: Cloreto de Vinil; PCE: Tetracloreto; TCE: Tricloroetano.

Tabela 5.30 Sumário dos Resultados da Avaliação de Risco à Saúde Humana - Cenário R

Meio	Receptores	Via de Exposição	SQI que apresentou risco
Solo Subsuperficial	Residentes (crianças)	Ingestão a partir da lixiviação	C e NC: 1,2-DCA
	Residentes (adultos)	Ingestão a partir da lixiviação	C: 1,2-DCA
Água subterrânea	Residentes (crianças)	Contato dermal	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, de Carbono, PCE, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, Clorofórmio, Tetracloreto
		Ingestão	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, de Carbono, PCE, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, DCM, VC, Clorobenzeno,
	Residentes (adultos)	Contato dermal	C: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, de Carbono, PCE, TCE NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, Clorofórmio, Tetracloreto
		Ingestão	C: 1,1,1,2-PCA, 1,1,2,2-PCA, Tetracloreto de Carbono, P NC: 1,1,2,2-PCA, 1,1,2-TCA, Clorobenzeno, Clorofórmio

Notas: C - Risco carcinogênico; NC - Risco não carcinogênico  
 1,1,1,2-PCA: 1,1,1,2-Tetracloreto; 1,1,2,2-PCA: 1,1,2,2-Tetracloreto; 1,1,2-TCA: 1,1,2-Tricloroetano; 1,2,3-T  
 Trans-1,2-DCE: Trans-1,2-Dicloroetano; DBCP: Dibromocloropropano; DCM: Cloro de metileno (diclorometano)

Residencial off-site - Chácara da Vovó ao sul

Inaceitável	Observação
	Risco não é considerado real, pois os recursos hídricos não podem ser utilizados na região, por determinação do órgão ambiental.
1,2,3-TCP, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	
1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, Clorobenzeno, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
1,2,3-TCP, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	
1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
1,2,3-TCP, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto	
1,1-DCA, 1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Benzeno, Clorobenzeno, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
1,1,2-TCA, 1,2,3-TCP, 1,1-DCA, 1,2-DCA, Benzeno, VC, Clorofórmio, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	
1,1-DCE, 1,2-DCA, Cis-1,2-DCE, Trans-1,2-DCE, Benzeno, DCM, Tetracloreto de Carbono, PCE, TCE	

1,2,3-tricloropropano; 1,1-DCA: 1,1-Dicloroetano; 1,1-DCE: 1,1-Dicloroetano; 1,2-DCA: 1,2-Dicloroetano; Cis-1,2-DCE: Cis-1,2-Dicloroetano; Trans-1,2-DCE: Trans-1,2-Dicloroetano; VC: Cloreto de Vinila; PCE: Tetracloreto; TCE: Tricloroetano.

Conforme acordado com a CFTESEB em reunião no dia 8 de dezembro de 2017, incluindo representantes da Solvay e ERM, as áreas de interesse abrangidas por este estudo incluíram: (1) Galpão comercial; (2) Área rural a norte – Chácara Estrela e (3) Área rural ao sul – Chácara da Vovó; (4) Antiga Chácara Casarão; (5) Chácara Paula, e (6) Chácara Deck. A Figura 11 (Anexo A) apresenta a localização das áreas de interesse e contempladas neste estudo de intrusão de vapores. A abordagem inicial acordada para o estudo de IV contemplava a instalação de pontos de amostragem de vapores sob o contrapiso (*sub-slab*) em cada área a ser avaliada. Ressalta-se que todos os contatos realizados com os proprietários das áreas contempladas neste estudo para agendamento das atividades foram realizados por representantes da CETESB.

## 6.1 ATIVIDADES DE CAMPO

As atividades de campo do IV foram realizadas em duas etapas, sendo a primeira etapa em janeiro de 2018 (Chácara Estrela e Antiga Chácara Casarão) e a segunda em junho de 2018 (Galpão Comercial, Chácara da Vovó, Chácara Paula, Chácara Deck), conforme será detalhado a seguir.

### 6.1.1 Inventário Predial

Antes do início das atividades de campo, a ERM inspecionou todas as áreas de amostragem para identificar quaisquer condições que pudessem afetar os resultados da amostragem.

A inspeção consistiu de uma avaliação visual do fluxo de ar e verificação das condições físicas das edificações contempladas no VI, incluindo: 1) características de construção, rachaduras nas fundações e nas instalações utilitárias ou outras aberturas (p.ex., caixas de passagem, ralos no chão ou fossas sépticas) que poderiam servir como rotas preferenciais de intrusão de vapores; 2) reformas ou reparos feitos recentemente nos prédios; 3) equipamentos mecânicos (p.ex., sistemas de ventilação) que poderiam afetar os gradientes de pressão; 4) manuseio ou armazenamento de produtos químicos diversos; e 5) uso recente de produtos de acabamento e/ou produtos à base de petróleo e/ou outras substâncias com substâncias químicas voláteis na composição.

Durante a inspeção, também foram levantadas informações sobre possíveis fontes de contaminação que pudessem impactar a qualidade do ar no interior dos prédios (p.ex., sistemas de tratamento de água, manchas em pisos de concreto, etc.).

### 6.1.2 *Procedimento de Liberação de Sub-Superfície (Subsurface Clearance)*

A ERM executa, anteriormente a qualquer atividade intrusiva como a instalação de pontos de amostragem abaixo do contra-piso, seu procedimento de detecção de possíveis interferências e utilidades a fim de reduzir os riscos das atividades previstas e os danos ao patrimônio. Para tal, o equipamento CAT (*Cable Avoidance Tool*), detector de utilidades energizadas, foi empregado para a liberação dos pontos de instalação. O objetivo desta etapa foi detectar possíveis interferências subterrâneas, como tubulações, linhas elétricas, cabos energizados, objetos enterrados, entre outras interferências que possam causar danos físicos aos profissionais envolvidos nas atividades ou dano patrimonial.

### 6.1.3 *Instalação dos Pontos de Amostragem de Vapores sob o Contra-piso*

Sete pontos de amostragem de vapores do contra-piso foram instalados nas duas etapas de campo contempladas neste estudo de VI, conforme detalhado a seguir:

- Um ponto de amostragem de vapores sob o contra-piso (SS-01) foi instalado na Antiga Chácara Casarão no dia 30 de janeiro de 2018;
- Dois pontos de amostragem de vapores sob o contra-piso (SS-02 e SS-07) foram instalados na Chácara Deck no dia 12 de junho de 2018;
- Dois pontos de amostragem de vapores sob o contra-piso (SS-03 e SS-04) foram instalados no Galpão comercial no dia 12 de junho de 2018; e
- Dois pontos de amostragem de vapores sob o contra-piso (SS-05 e SS-06) foram instalados na Chácara da Vovó no dia 12 de junho de 2018.

Diversas tentativas de contato com os proprietários da Chácara Paula foram realizadas, sem sucesso, impossibilitando a instalação de pontos de amostragens nesta chácara nas mobilizações realizadas.

As Figuras 12 a 15 (Anexo A) apresentam a localização dos pontos de amostragem de vapores sob o contra-piso instalados.

Para instalação dos pontos de amostragem sob o contra-piso, foram realizadas perfurações no piso da edificação com uma broca de 1,5 polegada (") de diâmetro acoplada a uma perfuratriz elétrica. As perfurações foram aprofundadas até aproximadamente 4,5 cm de profundidade (para posicionamento da cobertura metálica do VaporPin®). Logo depois, a perfuração foi aprofundada com uma broca de 5/8" até 5 cm abaixo da base do piso. Após a conclusão da perfuração, um VaporPin® foi inserido no furo com uma tubulação de silicone encaixada em torno do espigão para selar o ponto. O VaporPin® foi fechado com uma tampa e uma cobertura metálica protetora. As imagens abaixo mostram o esquema de instalação do VaporPin® e o espigão utilizado.



#### 6.1.4 Instalação dos Pontos de Amostragem de Vapores do solo

Dois pontos de amostragem de vapores do solo multi-nível foram instalados no dia 30 de janeiro de 2018 na Chácara Estrela. Este método de instalação e dispositivo de amostragem foi selecionado para esta chácara pois a localização liberada pelo proprietário para instalação do *VaporPin*<sup>®</sup> no interior de sua residência não foi aprovada pela CETESB (em um espaço semiaberto na cozinha). A **Figura 16 (Anexo A)** apresenta a localização dos pontos de amostragem de vapores do solo instalados.

Os pontos de amostragem de vapores do solo foram instalados com ponteiros de aço inox de aproximadamente 0,25 m de espessura, em uma única sondagem realizada a trado manual de 04" de diâmetro, da seguinte forma:

- (1) A primeira ponteira foi posicionada em 3 m de profundidade e o espaço anelar compreendido entre a ponteira e a sondagem foi preenchido com pré-filtro de origem conhecida, até aproximadamente 30 cm acima da mesma. Posteriormente foi feita a adição de bentonita em pó em intervalos de 10 em 10 cm, com cuidadosa adição de água, garantindo assim que a bentonita não percolasse pelo pré-filtro até a profundidade de 1,5 m;
- (2) A segunda ponteira foi posicionada em 1,5 m de profundidade e o espaço anelar também foi preenchido com pré-filtro, até aproximadamente 30 cm acima da mesma. A adição de bentonita foi realizada pelo mesmo processo descrito acima até atingir 20 cm abaixo da superfície.

As ponteiros foram interligadas a superfície através de mangueiras de *teflon* e posicionadas na base da perfuração com auxílio de um tubo guia de PVC de 1" de diâmetro. Aproximadamente 20 cm abaixo da superfície foi instalada

uma câmara de calçada, posteriormente recoberta pelo solo e grama original, de modo que o poço não ficasse exposto.

A ficha de sondagem dos poços multi-nível é apresentada no Anexo F.

#### 6.1.5 *Medição de Pressão Diferencial*

Para avaliar como as pressões do ar variam abaixo e acima do piso ao longo do dia e para avaliar se os gradientes de pressão através do piso poderiam promover a entrada de vapores nos prédios (pressão negativa) ou impedir a entrada de vapores nos prédios (pressão positiva), foram coletadas medidas da pressão diferencial. Essas medições foram tomadas utilizando-se um micromanômetro de pressão de campo capaz de medir até -0,0001 polegada de água.

#### 6.1.6 *Testes de Estanqueidade e Purga*

Antes da coleta das amostras de vapores abaixo do contra-piso e de vapores do solo, foram realizados testes de estanqueidade (*sknurd tests*) para avaliar a integridade de cada ponto de amostragem.

O teste consiste na injeção de hélio em uma câmara, por meio de uma abertura conectada a um tubo de pequeno diâmetro (3/4"). O ar retido na câmara é monitorado através de uma segunda abertura, utilizando-se um detector portátil de hélio (*Radiodetection*, Modelo MGD-2002, com faixa de detecção de 25 partes por milhão por volume [ppmv] até 100% de saturação), visando determinar a concentração de hélio no interior da câmara.

Quando a câmara está quase saturada com hélio (acima de 95%), são tomadas medições diretas na tubulação conectada ao ponto de amostragem para verificar a possibilidade de migração de hélio para a subsuperfície através de um eventual defeito na selagem.

Caso a concentração de hélio medida direto no ponto de amostragem supere 10% da concentração observada no interior da câmara, o selo do ponto de amostragem é considerado defeituoso e então verificado e/ou refeito de forma a reduzir a infiltração de ar ambiente pelo selo. Após isso, são realizadas novas medições de hélio até que a concentração detectada do gás seja menor do que 10% da concentração observada na câmara.

O teste de estanqueidade foi realizado em todos os pontos previamente a amostragem, sendo a amostragem só realizada após a aprovação no teste e confirmação da integridade dos selos.

Adicionalmente, antes da coleta das amostras, os pontos de amostragem passaram por um processo de purga e tomada de leituras com um detector de fotoionização (PID). O procedimento de purga consistiu na remoção de um volume igual a três vezes o volume existente no ponto de amostragem.

Um total de sete amostras de vapores sob o contra-piso (SS-01 a SS-07) e uma amostra de vapores do solo (SG-01B) foram coletadas utilizando amostradores do tipo *Summa® Canisters (canisters)* de 1,4 Litros, de aço inox, inertes, pressurizados negativamente (vácuo), com o auxílio de *sample trains* regulados para um período de coleta de sete minutos.

O ponto de amostragem SG-01A não pode ser amostrado, pois foi verificada presença de água no interior do mesmo logo após a abertura do *canister*. Acredita-se que o acúmulo de água no poço deve ter ocorrido devido às fortes chuvas na região durante o processo de instalação dos pontos de amostragem de vapores do solo.

O processo de amostragem foi iniciado com o acoplamento das tubulações e conectores ao *canister* e finalizado antes da depleção do vácuo (aproximadamente 5" de Hg). Uma vez concluído o processo de amostragem, os *canisters* foram devidamente embalados, juntamente com os respectivos formulários de cadeia de custódia, e encaminhados ao laboratório para análise utilizando o Método TO-15 do Compêndio da USEPA.

Os equipamentos utilizados na primeira etapa do IV foram fornecidos e certificados individualmente pelo laboratório Merieux NutriSciences (Bioagri Ambiental), e os equipamentos utilizados na segunda etapa do IV foram fornecidos e certificados individualmente pelo laboratório CEIMIC Análises Ambientais S/C Ltda., garantindo níveis de esterilização e vácuo adequados. Adicionalmente, para garantir a qualidade dos dados, todos os equipamentos utilizados durante as atividades de amostragem de foram limpos, calibrados e certificados pelos laboratórios utilizados.

Da mesma forma, para garantir a qualidade das amostras e verificar a eventual perda de vácuo no momento do acoplamento do controlador de fluxo ou do controlador de vazão (*sample train*) os valores de vácuo medidos em campo (iniciais - previamente a amostragem, e finais - após a amostragem) foram comparados às leituras iniciais de vácuo em cada etiqueta dos *canisters*, antes da coleta das amostras, e leituras finais do laboratório (no ato do recebimento dos *canisters* de volta ao laboratório). De acordo com os procedimentos estabelecidos, uma diferença de até 10%, em polegadas de mercúrio, é considerada aceitável.

As fichas de amostragem de vapores abaixo do contra-piso e de vapores do solo são apresentadas no Anexo G.

A Tabela 6.1 apresenta a relação das amostras de vapores coletadas no presente estudo. As cadeias de custódia e os laudos analíticos estão apresentados no Anexo H.



**Tabela 6.1** *Relação das Amostras de Vapores Coletadas*

Ponto de Coleta	Localização	Data da Amostragem	ID Amostra	Tipo de Amostra	Laboratório / Análises
SG-01B	Chácara Estrela	03/02/2018	SG-01B-20180203-01	Soil Gas	Bioagri / VOCs
SS-01	Antiga Chácara Casarão	31/01/2018	SS-01-20180131-01	Sub-Slab	Bioagri / VOCs
SS-02	Chácara Deck	14/06/2018	SS-02-20180614-01	Sub-Slab	CEIMIC/VOCs
SS-07		14/06/2018	SS-07-20180614-01	Sub-Slab	CEIMIC/VOCs
SS-03	Galpão comercial	14/06/2018	SS-03-20180614-01	Sub-Slab	CEIMIC/VOCs
SS-04				Sub-Slab	CEIMIC/VOCs
SS-05	Chácara da Vovó	15/06/2018	SS-05-20180615-01	Sub-Slab	CEIMIC/VOCs
SS-06		15/06/2018	SS-06-20180615-01	Sub-Slab	CEIMIC/VOCs

## 6.2 NORMAS AMBIENTAIS APLICÁVEIS

Atualmente, não existem normas nacionais específicas para a qualidade de ar ambiente no Brasil. Sendo assim, foram aplicados dois valores de referência para comparação dos resultados analíticos de vapores do subsolo obtidos neste estudo. Os primeiros valores de referência utilizados foram os valores *regional screening levels* (RSL) para ar interno definidos pela USEPA em maio de 2018, e foram aplicados neste estudo para uma primeira avaliação dos resultados.

A USEPA define *screening levels* para áreas comerciais/industriais e residenciais. Nesta avaliação, foram utilizados os valores para o cenário residencial para as chácaras e os valores para o cenário comercial/industrial para o Galpão comercial. Estes níveis estabelecidos pela USEPA são baseados em um limite de risco aceitável (igual a  $1 \times 10^{-6}$  para efeitos carcinogênicos e 0,1 para efeitos não carcinogênicos. Sendo assim, os valores estabelecidos pela USEPA foram ajustados aos níveis aceitáveis aplicados no Brasil, são eles:  $1 \times 10^{-5}$  para risco carcinogênico e 1 para risco não carcinogênico, sendo eles multiplicados por 10. Como valor de referência, foi aplicado o valor mais restritivo entre os valores para efeito carcinogênico (quando aplicável) e efeito não carcinogênico.

Para avaliar os resultados obtidos das amostras de vapores abaixo do contra-piso, foram calculados valores de referência com base nos *screening levels* para ar interno mais restritivo (entre os valores para efeito carcinogênico, quando aplicável, e efeito não carcinogênico), aplicando-se um fator de atenuação de 0,03 como recomendado pela USEPA (*Technical Guide for Assessing and Mitigating the Vapor Intrusion Pathway from Subsurface Vapor Sources to Indoor Air*, junho de 2015).

O fator de atenuação é uma constante de proporcionalidade que relaciona as concentrações de ar ambiente com as concentrações nos vapores do solo da seguinte forma: