

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Pedro Pessoa Dib

Avaliação de Risco à Saúde Humana:  
Estudo de Caso e Análise Crítica de Cenários

São Paulo

2007

Pedro Pessoa Dib

**Avaliação de Risco à Saúde Humana:  
Estudo de Caso e Análise Crítica de Cenários**

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas  
Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT para  
obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Área de Concentração: Gestão Ambiental

Orientadora: Profa. Dra. Mírian Cruxên Barros  
de Oliveira

São Paulo - SP

Agosto de 2007

**D544a Dib, Pedro Pessoa**

Avaliação de risco à saúde humana: estudo de caso e análise crítica de cenários. /

Pedro Pessoa Dib. São Paulo, 2008.

108p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Mírian Cruxên Barros de Oliveira

1. Avaliação de risco 2. Risco à saúde 3. Solo contaminado 4. Contaminação da água subterrânea 5. Resíduo perigoso 6. Contaminação por hexaclorociclohexano 7. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

08-251

CDU 628.515/.516(043)

“Ao buscar a verdade, estejamos prontos para o inesperado, pois é difícil de achar, e quando a encontramos, nos deixa perplexos”.

*Heráclito*

“A tecnologia vale menos pelo que é, e mais pelo uso que se faz dela”.

*Prof. Charles Handy- London Business School*

“Somos ao mesmo tempo e a cada instante aquilo que já fomos e aquilo que um dia seremos”.

*Jorge Luis Borges*

“Só que uma pergunta, em hora, às vezes, clareia razão de paz.”

“Os lugares sempre estão aí em si, para confirmar.”

“...o mais importante e bonito, do mundo, é isto: que as pessoas não estão sempre iguais, ainda não foram terminadas --- mas que elas vão sempre mudando. Afinam ou desafinam. Verdade maior. É o que a vida me ensinou.”

“Ações? O que eu vi, sempre, é que toda ação principia mesmo é por uma palavra pensada.”

*João Guimarães Rosa – Grande Sertão: Veredas*

Dedico este trabalho à minha orientadora, Mírian, pelo apoio, confiança e exemplo de força e coragem, e aos meus pais, Gilberto, construtor de barragens, e Diva, mãe querida, pelo apoio incondicional e pela melhor educação que um filho pode ter.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia ter sido realizado sem o apoio de diversas pessoas, órgãos e empresas que contribuíram de distintas formas, todas igualmente importantes.

Meus agradecimentos a Sra. Myrian Tagima e ao Sr. Patryck Carvalho da COHAB (Companhia Metropolitana de Habitação) e a Sra. Luiza Harumi, a Dra. Maria Eulina e ao Sr. George Falsetti do RESOLO (Departamento de Regularização do Parcelamento do Solo) pelo fornecimento das informações relacionadas ao caso do Jardim Keralux.

Ao Sr. Antônio Queiroz e Ana Paula Queiroz, sócios da empresa Waterloo Brasil Ltda, meu sincero agradecimento pela confiança e pelo suporte financeiro para execução do mestrado no IPT.

Agradeço ao geólogo Paulo Henrique, amigo e braço direito nos projetos da Waterloo Brasil Ltda e aos colaboradores da Waterloo Brasil, Humberto Lusvarghi e Flávio Lima, que tiveram envolvimento direto no projeto de investigação ambiental do Jardim Keralux.

Especiais agradecimentos ao geólogo Daniel Gomes, que apesar do pouco contato, deixou um exemplo marcante de dedicação e profissionalismo, e ao amigo e brilhante geólogo Guilherme Gualda, pelo exemplo de como conciliar inspiração e transpiração.

Agradeço ao Daniel Lopes, amigo, talentoso ilustrador e diagramador responsável pelo trabalho na empresa Click UP Comunicação com os *folders* de esclarecimento à população do Jardim Keralux.

Agradeço aos funcionários do CENATEC que trabalham na secretaria, em especial a Sra. Mary Yoshioka, sempre gentil e disposta a ajudar.

Ao amigo, professor e ex-chefe, Bob Cleary, sinceros agradecimentos por tantos ensinamentos técnicos na área de hidrogeologia e remediação de solo e água subterrânea, e por me fazer ver a importância do *big picture*. Agradeço também ao professor Michael Unga, dos Estados Unidos, pelas informações relacionadas ao HCH.

Ao meu primo-irmão-mais-velho, Marcos Pessoa, por ter me mostrado o prazer dos livros e da leitura e a Tetê, amiga fiel, pelo exemplo de profissionalismo e dedicação às causas que realmente importam.

Ao amigo, professor e ex-chefe Cyro Bernardes Jr, pelas importantes contribuições profissionais e pessoais.

Agradeço ao Prof. Dr. Rodrigo Cunha e ao Prof. Dr. Cláudio Leite pelas importantes observações, contribuições e críticas ao trabalho durante a qualificação.

Ao geólogo Álvaro Gutierrez, da CETESB, saudações geológicas pelas informações históricas do caso do Jardim Keralux.

Agradeço especialmente à minha mulher e companheira Juliana, pelo apoio, carinho e paciência, que foram de fundamental importância para que eu seguisse em frente com esse trabalho.

## RESUMO

A avaliação de risco à saúde humana é uma ferramenta formal de gerenciamento de áreas contaminadas que permite definir e calcular a existência de riscos toxicológicos e carcinogênicos sobre uma determinada população exposta a contaminações existentes no solo ou na água subterrânea e posteriormente propor medidas corretivas de remediação.

No cenário atual no Brasil e, especificamente no Estado de São Paulo, as leis e normas técnicas relacionadas à avaliação de risco à saúde humana ainda estão em desenvolvimento. Este trabalho pretende contribuir com as discussões sobre o tema, apresentando um estudo de caso e os resultados obtidos. Também são discutidas as implicações dos cenários de exposição utilizados no estudo, e a forma com que os diversos envolvidos no caso poderiam atuar no gerenciamento do risco à saúde humana.

O trabalho apresenta um estudo de caso de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido em um terreno de propriedade do Banco do Brasil, denominado Jardim Keralux, localizado na região leste do município de São Paulo, estado de São Paulo.

A área objeto dos estudos possui aproximadamente 96.000 metros quadrados e apresenta um histórico de disposição irregular do resíduo denominado HCH (Hexaclorociclohexano) após o abandono da área por sua antiga proprietária, a Cerâmica Keralux S.A. A área foi posteriormente ocupada de forma gradual pela população e atualmente é um bairro predominantemente residencial denominado Jardim Keralux. O Banco do Brasil, atual proprietário, ofereceu esta área como parte do pagamento de uma dívida com a Prefeitura do Município de São Paulo. Em 2004 a COHAB, representando o município de São Paulo, contratou serviços ambientais que incluíram um estudo de avaliação de risco à saúde humana.

Os trabalhos executados confirmaram que os resíduos de HCH foram adequadamente removidos pela CETESB em 1997, porém, na ocasião, não foram realizadas investigações de solo e água subterrânea nem uma avaliação de risco à saúde humana.

A avaliação de risco à saúde humana, realizada em 2004, demonstrou não haver riscos para as populações de adultos e crianças moradores do Jardim Keralux, no cenário atual. Entretanto, em um cenário hipotético futuro, considerando o consumo de água subterrânea do aquífero livre, foram identificados riscos não carcinogênicos e carcinogênicos para adultos e crianças. Os resultados do estudo de risco foram apresentados diretamente à população por meio de um plano de comunicação.

Em função da existência de risco à saúde humana em um cenário hipotético futuro, este trabalho pretende reforçar as restrições de uso da água subterrânea. Seria recomendável definir imediatamente após a conclusão dos trabalhos, quais seriam os órgãos públicos com competência técnica e legal para agir de forma emergencial restringindo forma adequada as vias de exposição relacionadas à água subterrânea.

Palavras-chave: avaliação de risco à saúde humana, estudo de caso, HCH, água subterrânea, cenário futuro, gerenciamento de risco.

## **ABSTRACT**

Risk assessment to human health is a formal tool for the management of contaminated areas that allows defining and calculating toxicological and carcinogenic risks over a specific population exposed to contaminated soil and/or groundwater. It is also helpful to define targets and strategies in the remediation process.

In the current scenario in Brasil, and specifically in São Paulo State, laws and standards related to risk assessment are still on development. This study pretends to contribute with these discussions presenting a case study and the obtained results. Also are discussed the implications related to the exposure scenarios and the way that several players could act in the process for risk management.

It is presented a case study of risk assessment to human health in a neighborhood named Jardim Keralux, in the east area of São Paulo city. The total area is around 96.000 m<sup>2</sup> and there is a historic of irregular disposal of HCH (hexachlorocyclohexane). After the abandonment of the area by industries, it was gradually occupied by a residential population. Banco do Brasil, the current owner, offered the area as part of a debt to the municipality of São Paulo. In 2004 COHAB, representing São Paulo City, contracted environmental services that included a risk assessment to human health in Jardim Keralux. The services carried out confirmed that the HCH waste of completely removed by CETESB in 1997, but a contamination for HCH in groundwater was confirmed.

The risk assessment carried out in 2004 did not present risks to adults and children living in Jardim Keralux in the present scenario. Otherwise, in a hypothetical future scenario, considering groundwater ingestion from the free aquifer, risks were identified for adults and children. The results of the study were presented to the population by a communication plan.

Due to the existence of risks to the human health in a hypothetical future scenario, this work pretends to reinforce the necessity of implementation of legal restrictions for the use of groundwater. Also, it would be highly recommended, just after the conclusion of the risk assessment, to define the player with legal and technical competence that should impose restrictions to groundwater as an exposure pathway.

Key-words: risk assessment to human health, case study, HCH, groundwater, future scenario, risk management.



**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1	Fluxograma de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB,2001).....	7
FIGURA 2	Interação das etapas da avaliação de risco (modificado de U.S.EPA, 1989; apud ABNT, 2006, em desenvolvimento).....	12
FIGURA 3	Localização da área de estudo.....	23
FIGURA 4	Localização dos pontos de sondagem.....	27
FIGURA 5	Localização dos poços de monitoramento.....	28
FIGURA 6	Perfis construtivos dos poços de monitoramento.....	29
FIGURA 7	Direções preferenciais de fluxo da água subterrânea.....	35
FIGURA 8	Folder da primeira etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (frente).....	58
FIGURA 9	Folder da primeira etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (verso).....	58
FIGURA 10	Folder da segunda etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (frente).....	59
FIGURA 11	Folder da segunda etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (verso).....	60

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Fotografias aéreas utilizadas.....	20
TABELA 2	Informações dos poços de monitoramento e amostras de água subterrânea.....	34
TABELA 3	Resultados analíticos para metais no solo.....	37
TABELA 4	Resultados analíticos para HCH no solo.....	38
TABELA 5	Resultados analíticos para compostos orgânicos voláteis no solo.....	39
TABELA 6	Resultados analíticos para metais na água subterrânea.....	41
TABELA 7	Resultados analíticos para HCH na água subterrânea.....	42
TABELA 8	Resultados analíticos para VOC na água subterrânea.....	46
TABELA 9	Concentrações no solo utilizadas no cálculo de risco...	46
TABELA 10	Concentrações na água subterrânea utilizadas no cálculo de risco.....	46
TABELA 11	Variáveis aplicáveis à população potencialmente exposta.....	49
TABELA 12	Dados toxicológicos utilizados na avaliação de risco...	50
TABELA 13	Resultados de risco para compostos não carcinogênicos para adultos e crianças em cada via.....	53
TABELA 14	Resultados de risco total não carcinogênico para adultos e crianças.....	53
TABELA 15	Resultados de risco total não carcinogênico para trabalhadores.....	53
TABELA 16	Resultados de risco carcinogênico para adultos e crianças em cada via no cenário ATUAL.....	54
TABELA 17	Resultados de risco carcinogênico para adultos e crianças no cenário ATUAL.....	54
TABELA 18	Resultados de risco total carcinogênico para trabalhadores de obras.....	54
TABELA 19	Resultados de risco total não carcinogênico e carcinogênico para adultos e crianças no cenário FUTURO.....	55
TABELA 20	Resultados de risco não carcinogênico, individualizados para cada contaminante, para adultos e crianças no cenário FUTURO.....	56
TABELA 21	Resultados de risco carcinogênico, individualizados para cada contaminante, para adultos e crianças no cenário FUTURO.....	57

**LISTA DE EQUAÇÕES**

EQUAÇÃO 1	Cálculo genérico da dose de ingresso de um composto.....	15
EQUAÇÃO 2	Dose de ingresso para ingestão de água contaminada usada para consumo.....	15
EQUAÇÃO 3	Dose de ingresso para ingestão de água contaminada via água superficial.....	16
EQUAÇÃO 4	Dose de ingresso para absorção por contato dérmico com água contaminada.....	16
EQUAÇÃO 5	Dose de ingresso por contato dérmico com solo contaminado.....	16
EQUAÇÃO 6	Dose de ingresso por ingestão acidental de solo contaminado.....	16
EQUAÇÃO 7	Dose de ingresso por inalação de ar contaminado.....	17
EQUAÇÃO 8	Cálculo do fator de carcinogenicidade.....	17
EQUAÇÃO 9	Equação linear para quantificação do risco carcinogênico..	18
EQUAÇÃO 10	Equação para cálculo do quociente de risco não carcinogênico.....	18

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CGVSA	Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental
COHAB	Companhia de Habitação Metropolitana de São Paulo
COMDEC	Comissão Municipal de Defesa Civil
COC	Compostos químicos de interesse
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
HCH	Hexaclorociclohexano
ISO	International Organization for Standardization
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
MCE	Modelo conceitual de exposição
MS	Ministério da Saúde
NAS	National Academy of Science
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
POE	Pontos de exposição
RBCA	Risk Based Corrective Action
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SF	Fator de carcinogenicidade ou <i>slope factor</i>
SINVSA	Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental
SMVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
UBS	Unidade básica de saúde
UNEP	United Nations Environment Program
UNFAO	United Nations Food and Agricultural Organization
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
2. OBJETIVOS .....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DA AVALIAÇÃO DE RISCO .....	12
3.2 HISTÓRICO DO HCH (HEXACLOROCICLOHEXANO).....	19
4. MÉTODOS DE TRABALHO.....	20
5. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	22
5.1. HISTÓRICO.....	22
5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA.....	25
5.3 LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO .....	26
5.4 COLETA DE DADOS EM CAMPO.....	26
6. RESULTADOS OBTIDOS.....	33
6.1 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO .....	33
6.2 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO SOLO .....	36
6.3 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA .....	40
7. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA.....	44
7.1 CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	44
7.2 COLETA E AVALIAÇÃO DE DADOS .....	44
7.3 SELEÇÃO DE COMPOSTOS DE INTERESSE .....	45
7.4 STATUS DE CONTAMINAÇÃO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	47
7.5 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO .....	47
7.5.1 Caracterização dos Cenários de Exposição.....	47
7.5.2. Determinação da Concentração no Ponto de Exposição a partir de dados de água subterrânea.....	48
7.5.3. Quantificação da Exposição .....	49
7.6. AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE .....	50
7.6.1. Definição de valores de toxicidade para cada composto e via de exposição .....	50
7.7. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO.....	52
7.7.1. Cenários Futuros .....	55
7.7.2. Definição dos valores de remediação.....	55
7.8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	56
7.9. GERENCIAMENTO DOS RISCOS .....	57
8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	61
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

## **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho apresenta um estudo de caso de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido em um terreno de propriedade do Banco do Brasil, denominado Jardim Keralux, localizada na zona leste do município de São Paulo, estado de São Paulo. A área objeto dos estudos possui aproximadamente 96.000 metros quadrados. Outra área adjacente, também dentro do Jardim Keralux, que faz parte da massa falida do inventário de Ermelino Matarazzo não foi objeto de estudo.

A área estudada foi oferecida pelo Banco do Brasil a PMSP (Prefeitura do Município de São Paulo) como parte do pagamento de uma dívida. Em função do histórico de disposição irregular de resíduos de pesticida na área, a COHAB decidiu avaliar o passivo ambiental para fornecer subsídios técnicos e econômicos a PMSP antes de aceitar formalmente a área como parte do pagamento da dívida do Banco do Brasil.

Os estudos de avaliação de risco à saúde humana foram precedidos por uma investigação confirmatória, ambos sob a responsabilidade técnica da consultoria de meio ambiente Waterloo do Brasil Ltda., contratada pela COHAB (Companhia de Habitação Metropolitana de São Paulo) no primeiro semestre de 2004.

Os trabalhos foram desenvolvidos considerando o escopo técnico recomendado no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001) e no plano de trabalho apresentado pela Waterloo Brasil a COHAB em março de 2004. Também foram consideradas e aplicadas recomendações e procedimentos de normas técnicas da ASTM (*American Society for Testing and Materials*), USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) e CETESB.

### **1.1 JUSTIFICATIVA**

As recomendações técnicas da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) e a norma da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) sobre o tema avaliação de risco à saúde humana ainda estão sendo desenvolvidas e não foram formalmente publicadas. Os primeiros documentos e protocolos formais do MS (Ministério da Saúde) sobre esse tema foram publicados em janeiro de 2006 por meio da CGVSA / SVS (Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental e Secretaria de Vigilância em Saúde) e ainda deverão ser complementados com recomendações específicas para os procedimentos de avaliação de risco à saúde humana. Também está em fase de discussão no Estado de São Paulo o “Anteprojeto de Lei sobre Proteção da Qualidade do Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, cujo escopo técnico contempla a avaliação de risco.

O estudo se insere no tema por tratar de um caso real de área contaminada onde foi realizada a avaliação de risco à saúde humana. Após a obtenção dos resultados do estudo, é importante que sejam rapidamente definidas as competências de cada órgão, e as ações a serem tomadas para o gerenciamento dos riscos. Também é de fundamental importância a comunicação com a população diretamente afetada pelos riscos existentes.

A avaliação de risco tem importante papel no escopo de gerenciamento de áreas contaminadas, pois pode indicar a existência de riscos à saúde humana, bem como pode fornecer subsídios técnicos para o estabelecimento de estratégias de remediação ou medidas de engenharia para restringir ou eliminar vias de exposição de um determinado contaminante.

Entende-se como de fundamental importância a rápida definição dos órgãos atuantes em um caso de gerenciamento de área contaminada e suas respectivas competências. Essa definição deve ser realizada rapidamente após a obtenção dos resultados da avaliação de risco à saúde humana, de forma a propiciar a tomada de ações que permitam comunicar a população afetada sobre os riscos existentes e as formas de gerenciamento desses riscos.

Será avaliada a importância dos diversos cenários de exposição da população do Jardim Keralux, face à contaminação do solo e da água subterrânea. O fato de o Jardim Keralux ter sido ocupado de forma irregular pela população, principalmente a partir do fim da década de 90, propicia a ocorrência de diversos fatores sócio-econômicos que geram dificuldades ao poder público no sentido de agir de forma técnica para proteger a saúde da população. Dentro desse contexto, ocorrem diversas particularidades para definir e impor medidas públicas de controle sobre os cenários de exposição da população.

Em diversos processos de gerenciamento de áreas contaminadas, após a obtenção do diagnóstico da área, demonstrando a existência de contaminantes no solo ou água subterrânea, é perceptível a dificuldade de se estabelecer o papel dos órgãos atuantes, assim como a forma de atuação. Como exemplo, podem ser citados casos onde é demonstrada a existência de riscos à saúde humana, caso exista o consumo de água subterrânea contaminada em um futuro hipotético. Entretanto nestes casos, há dificuldades de se estabelecer quais são os órgãos ou entidades que têm a competência para confirmar se realmente não há consumo de água subterrânea no cenário atual. Comumente também é observada a dificuldade de se estabelecer quais órgãos ou entidades têm a competência legal para impor restrições de uso e ocupação do solo ou restrições de consumo da água subterrânea, como será abordado neste trabalho.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho tem os seguintes objetivos:

- Contribuir com as discussões do tema avaliação de risco à saúde humana, atualmente em desenvolvimento nas esferas municipais, estaduais e federais.
- A avaliar de forma crítica a importância de diversos cenários de exposição da população do Jardim Keralux, face à contaminação do solo e da água subterrânea.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A avaliação de risco à saúde humana é uma ferramenta técnica multidisciplinar incluída no processo de gerenciamento de uma área contaminada. Essa ferramenta tem como principais objetivos determinar o risco à saúde humana causado pela exposição a uma determinada substância química contaminante, e posteriormente, estabelecer as concentrações-alvo para um processo de remediação, a partir das quais está resguardada a saúde humana. A partir dos resultados da avaliação de risco, podem ser definidas as formas mais adequadas de gerenciamento de risco, com as estratégias de remediação tecnicamente aplicáveis e também a adoção de medidas emergenciais, ou medidas de engenharia para restrição ou eliminação dos riscos.

Os primeiros passos e procedimentos relacionados à avaliação de risco à saúde humana foram formalizados pela *National Academy of Science* em 1983 (NAS, 1983; *apud* BURNMASTER, B.E, & LEHR, J.H., 1991). Este documento apresenta uma clara distinção entre duas importantes atividades dentro do escopo geral dos estudos de risco, quais sejam:

- Avaliação de risco, sendo um estudo que utiliza fatos reais para definir possíveis efeitos à saúde em indivíduos ou populações expostos a determinados cenários de contaminação.
- Gerenciamento de risco, definido como o processo de avaliação de políticas alternativas e seleção das ações regulatórias mais apropriadas, a partir da integração dos resultados da avaliação de risco com dados de engenharia, considerando questões sociais, políticas e econômicas.

Em 1984, Willian D. Ruckelshaus (USEPA, 1984; *apud* BURNMASTER, B.E, & LEHR, J.H., 1991) reforçou o posicionamento da *National Academy of Science* fazendo a distinção entre “a definição de risco ambiental” e “o que é feito para reduzir o risco”. Posteriormente, Ruckelshaus definiu a avaliação de risco como uma forma de “reforçar as bases científicas a partir das quais são tomadas ações regulatórias”.

Após cerca de cinco anos de discussões, a USEPA, por meio do *Office of Emergency and Remedial Response*, desenvolveu e publicou um processo de avaliação de risco à saúde humana (USEPA, 1989), que definiu os princípios gerais e principais fundamentos técnicos para a elaboração desse tipo de estudo. Foram definidos neste trabalho os principais objetivos específicos do processo, quais sejam:

- Apresentar os principais riscos resultantes da avaliação e auxiliar a determinação das ações necessária na área avaliada.
- Apresentar as bases técnicas para determinar quais as concentrações de compostos químicos que podem permanecer na área sem oferecer riscos à saúde pública.
- Apresentar as bases técnicas para definir os potenciais impactos à saúde humana e as alternativas de remediação possíveis de serem aplicadas.
- Apresentar um processo consistente para avaliar e documentar os principais riscos à saúde pública na área.

A partir de 1995 a USEPA iniciou um programa denominado *brownfields*, cujo principal objetivo é proporcionar uma mudança na forma de percepção e gerenciamento de áreas contaminadas nos Estados Unidos. *Brownfields* são áreas cuja ampliação, reocupação ou reuso devem ser avaliados com particularidades, em função da existência de substâncias poluentes ou contaminantes perigosos (USEPA, 2007a). A USEPA estima que existem cerca de 450.000 áreas *brownfields* nos Estados Unidos. O programa propiciou mais autonomia aos estados, comunidades e demais envolvidos, favorecendo o trabalho em conjunto para o redensolvimento econômico de áreas contaminadas, com foco na remediação com objetivos de proteção à saúde humana e o reuso sustentável da área.

Em 2002, a USEPA reavaliou a lei dos *brownfields* (USEPA, 2007b) no sentido de fornecer ferramentas atualizadas para reduzir tanto os riscos ambientais como os riscos à saúde humana em projetos de reutilização de propriedades abandonadas. Entre as ferramentas utilizadas no gerenciamento dos *brownfields* seguem com papel fundamental os trabalhos de avaliação de risco à saúde humana, que definem as metas de remediação e orientam os possíveis usos futuros da área e todas as eventuais restrições.

No fim da década de 90 a CETESB iniciou, em conjunto com a GTZ, o desenvolvimento de um documento intitulado Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas onde foram conceituados e discutidos diversos temas relacionados à problemática das áreas contaminadas. Neste documento, o conceito de área contaminada foi definido como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções. Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como, por exemplo, o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores (CETESB/GTZ, 1999).

Dessa forma a CETESB introduziu formalmente não apenas no estado de São Paulo, mas também no Brasil, o tema das áreas contaminadas, estabelecendo uma série de conceitos aplicáveis e definiu a sistemática para o gerenciamento dessas áreas.

Dentro dos conceitos propostos, o processo de reabilitação de áreas contaminadas foi definido de forma bastante ampla, englobando os termos “remediação” (contenção e tratamento) e “compatibilização ao uso atual ou futuro da área”.

A CETESB definiu o termo “recuperação de uma área contaminada” como o processo de aplicação de medidas corretivas necessárias para isolar, conter, minimizar ou eliminar a contaminação, visando à utilização dessa área para um determinado uso. Essa definição considera que o princípio da “aptidão para um determinado uso” é mais viável técnica e economicamente em países onde os recursos são escassos do que o princípio da “multifuncionalidade” (restaurar as

condições naturais, viabilizando todos os tipos de uso de uma área), que vem sendo abandonado pela maioria dos países (CETESB/GTZ, 1999). Portanto, dentro do processo de gerenciamento de uma área contaminada podem ser necessárias medidas que se destinam à compatibilização ao uso atual ou futuro da área contaminada e medidas de remediação.

Ainda segundo a CETESB, as medidas de compatibilização ao uso atual ou futuro da área contaminada compreendem a definição de sua utilização (onde a contaminação continuará presente na área), que garante que não existirão vias de transporte de contaminantes ou receptores expostos à contaminação. Esse processo necessariamente tem como base a avaliação de risco à saúde e a constatação de que a presença dos contaminantes e seu transporte ofereçam um risco considerado baixo. Alternativamente, os processos de remediação foram subdivididos em medidas de contenção ou isolamento da contaminação e medidas para o tratamento dos meios contaminados, visando à eliminação ou redução dos níveis de contaminação a níveis aceitáveis ou previamente definidos. A avaliação de risco à saúde humana também tem um papel fundamental nos processos de remediação, qual seja, entre outros, o de definir quais são os níveis aceitáveis da contaminação considerando os meios contaminados, as vias de transporte e as populações expostas.

Em seu manual, a CETESB também definiu os principais aspectos a serem considerados nas discussões sobre uma legislação específica sobre o tema das áreas contaminadas. Dentre diversas sugestões apresentadas, a criação de canais de comunicação com a população é de especial interesse ao desenvolvimento desta dissertação, como será discutido posteriormente, no gerenciamento de áreas contaminadas.

A Figura 1 a seguir apresenta o fluxograma proposto pela CETESB (CETESB, 2001a) para o gerenciamento de áreas contaminadas, contemplando desde a etapa inicial onde uma área tem apenas o potencial de ser contaminada, passando pela confirmação da contaminação da área, até o fim do processo de remediação, quando é feito o monitoramento de longo prazo.

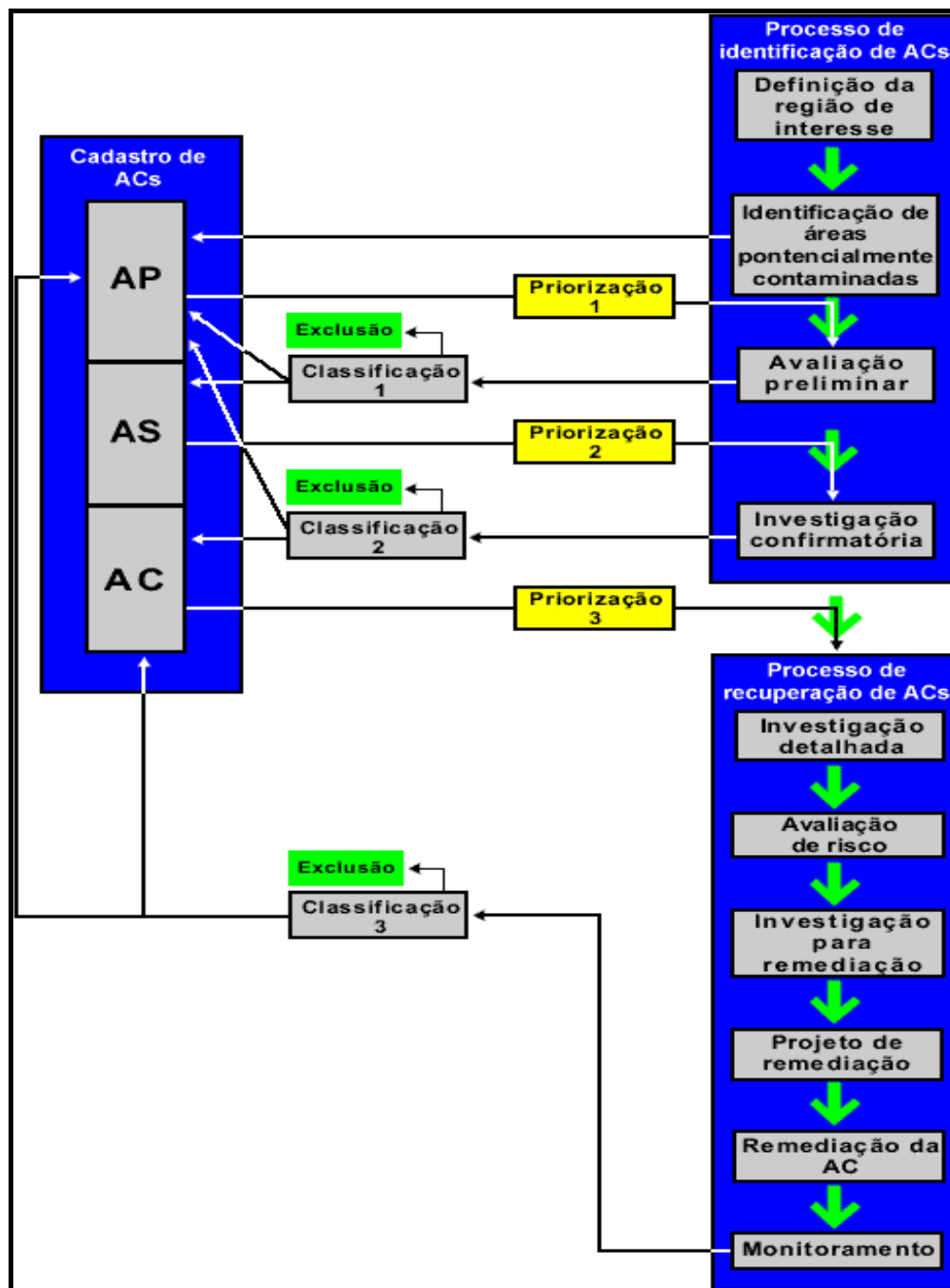


FIGURA 1 – Fluxograma de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB, 2001)

Ainda dentro da política de estabelecimento de padrões e procedimentos ambientais, a CETESB publicou em 2001 (CETESB, 2001b) o “Relatório de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo” que estabelece um marco técnico orientador na definição de parâmetros de qualidade para solos e águas subterrâneas. Foram estabelecidos valores orientadores de referência de qualidade, de alerta e de intervenção para solo em três cenários distintos de uso e ocupação, quais sejam, áreas de proteção máxima ou áreas agrícolas, áreas residenciais e áreas industriais e valores de intervenção para águas subterrâneas. Os valores de intervenção solo foram derivados de estudos de avaliação de risco à saúde humana nos distintos cenários, enquanto que os valores de intervenção para água subterrânea foram baseados nos padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde.

No mesmo documento, a CETESB ainda define como necessária a avaliação de risco à saúde humana como ferramenta de gerenciamento de uma área contaminada, considerando as especificidades de cada caso. Para tanto, foram definidas diversas variáveis populacionais, variáveis do tempo de permanência nos diversos cenários, variáveis do solo e do ar, entre outros, que se tornaram uma referência para os estudos de avaliação de risco à saúde humana não apenas no estado de São Paulo, mas também em todo o Brasil. Os valores orientadores definidos pela CETESB em 2001 foram reavaliados em 2005 (CETESB, 2005a). A revisão incluiu algumas novas substâncias não contempladas anteriormente e redefiniu o valor de alerta como valor de prevenção.

Em 2005, a CETESB incluiu formalmente um novo capítulo dedicado à avaliação de risco à saúde humana, e definiu claramente que objetivo principal desta etapa é a identificação e quantificação dos riscos à saúde humana, decorrentes de uma área contaminada, uma vez que a saúde humana e a segurança da população devem ser priorizadas, dentre os bens a proteger expostos, na avaliação de risco em uma área contaminada (CETESB, 2005b).

Neste novo capítulo a CETESB apresenta a avaliação de risco como um procedimento tecnicamente defensável e conceitualmente sustentável para determinação das chances de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana, decorrentes da exposição à áreas contaminadas por substâncias perigosas (CETESB, 2005b). São ressaltados os seguintes aspectos relacionados ao processo de avaliação de risco:

- proteção à saúde humana;
- determinação do nível de remediação ambiental necessário;
- estabelecimento de metas de remediação;
- avaliação da viabilidade técnica da remediação;
- determinação dos benefícios associados ao processo de remediação;
- priorização de áreas contaminadas;
- priorização de alocação de recursos;
- gerenciamento ambiental integrado.

A CETESB ressalta ainda uma etapa final no processo de avaliação de risco, que é o gerenciamento dos riscos, onde devem ser avaliadas as diversas alternativas de intervenção na área para definir se devem ser adotadas medidas de remediação, medidas de engenharia, compatibilização do uso do solo ou ainda uma integração das alternativas anteriores. Entretanto esse documento priorizou fundamentalmente as bases técnicas do processo de avaliação de risco à saúde humana, relacionadas à coleta e interpretação de dados, à avaliação e quantificação da exposição, à análise da toxicidade, a caracterização dos riscos e ao cálculo de metas de remediação, quando necessário. Após a obtenção dos resultados da avaliação de risco, não foram traçadas diretrizes para o gerenciamento dos riscos nas áreas contaminadas.

Atualmente encontra-se em discussões na esfera legislativa do estado de São Paulo um anteprojeto de lei sobre proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas. Esse anteprojeto insere no tema a questão do gerenciamento da área contaminada com base nos resultados da avaliação de risco à saúde humana e propõe que uma área contaminada será classificada como “Área Remediada para o Uso Declarado” quando for restabelecido nível de risco aceitável para o uso declarado. Após essa etapa o órgão ambiental deverá oficiar ao Cartório de Registro de Imóveis, visando a averbação da remediação da área para o uso declarado, respeitada a legislação de uso e ocupação do solo e também deverá notificar os órgãos públicos envolvidos, prefeituras municipais e demais interessados.

Os primeiros trabalhos de avaliação de risco à saúde humana aplicados ao gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil foram realizados a partir de 1995.

Bernardes Jr. (1995) introduziu o tema em seu doutoramento com um estudo avaliação de risco de longo prazo em um caso de contaminação de água subterrânea no pólo cloro-químico de Alagoas envolvendo compostos organoclorados. Seu estudo indicou a necessidade de se realizar uma avaliação criteriosa na seleção dos compostos e concentrações de interesse e definiu como de fundamental importância a utilização de técnicas estatísticas de tratamento de dados para tornar mais precisos os resultados da avaliação de risco. A ênfase do trabalho foi a utilização dos resultados obtidos na avaliação de risco à saúde humana como um instrumento de gerenciamento técnico do processo de remediação, enfocando as concentrações – alvo a partir das quais está resguardada a saúde humana e direcionando a remediação para a via de exposição mais crítica, no caso a ingestão de água subterrânea. Também foram indicados os compostos mais importantes do ponto de vista do risco global, o que direciona o processo de remediação. O trabalho de Bernardes Jr. pode ser considerado um importante marco no uso da ferramenta da avaliação de risco no Brasil por ter apresentado as diretrizes técnicas fundamentais necessárias para esse tipo de estudo.

Seguindo a linha de contaminação por derivados de petróleo, Finotti & Corseuil (1997) aplicam estudos de avaliação de risco à saúde humana para avaliar os riscos relacionados a contaminações subterrânea com gasolina e etanol. Dessa forma é iniciado o processo de adaptação de parâmetros específicos para se determinar de forma adequada os resultados de risco a partir de casos com a gasolina brasileira. Os trabalhos nesta linha de pesquisa enfocam a identificação e a quantificação de riscos, porém são incipientes em definir diretrizes ou apresentar recomendações relacionadas ao gerenciamento dos riscos identificados.

Cunha (1997) apresentou tese de doutoramento sobre um estudo de caso de avaliação de risco em uma área contaminada por fonte industrial desativada. A área, localizada em São Caetano do Sul, estado de São Paulo, apresentava, entre outros compostos contaminantes, concentrações relevantes de mercúrio e isômeros de hexaclorociclohexano. O estudo de avaliação de risco seguiu as diretrizes da USEPA (1989) e definiu a existência de elevados riscos carcinogênicos e não carcinogênicos à saúde da população infantil, considerando a contaminação existente no solo. As recomendações aplicáveis à área abrangeram diversas alternativas, tais como medidas de engenharia para minimizar os riscos e isolamento da área reduzindo as possibilidades de uso e ocupação do solo.

O estudo também apresentou ampla revisão bibliográfica referente à evolução do processo de gerenciamento de áreas contaminadas e também uma detalhada revisão sobre o histórico de contaminações relacionadas aos compostos HCH. Destaca-se neste trabalho a utilização dos resultados da avaliação de risco como importante ferramenta no gerenciamento dos riscos identificados. Dessa forma, o trabalho conseguiu contemplar de forma bastante ampla todas as etapas do processo de gerenciamento de uma área contaminada, desde a caracterização e quantificação dos riscos até a proposição de medidas para minimizar os riscos em função do uso e ocupação do solo.

Maximiano (2001) estabeleceu em sua dissertação de mestrado importantes parâmetros relacionados à avaliação de risco a partir de contaminações do solo e água subterrânea por hidrocarbonetos, tendo o município de São Paulo como área piloto. Este estudo desenvolveu cenários específicos para a cidade de São Paulo e apresentou os parâmetros mais sensíveis para os cálculos dos NABR (níveis aceitáveis baseados no risco). O estudo teve como base o método RBCA (*Risk Based Corrective Action*) desenvolvido pela ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Os parâmetros fração de carbono orgânico, porosidade total e conteúdo volumétrico da água na zona não saturada foram definidos como os de maior sensibilidade nos cálculos dos NABR. Este estudo forneceu importantes subsídios para o desenvolvimento dos procedimentos de avaliação de risco à saúde humana no estado de São Paulo, entretanto o estudo não abordou a questão do gerenciamento dos riscos.

O Ministério da Saúde (2006) aborda o tema de gerenciamento de riscos à saúde humana por meio do Programa Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado. A Instrução Normativa N.º 01 da SVS (Secretaria de Vigilância em Saúde) do MS (Ministério da Saúde) estabelece as competências da União, Estados, Municípios e Distrito Federal, na área de Vigilância em Saúde Ambiental, definindo a SVS como a responsável pela coordenação do Subsistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental – SINVSA. Esta Instrução Normativa define que o SINVSA abrange “o conjunto de ações e serviços prestados por órgãos e entidades públicas e privadas, relativos à vigilância em saúde ambiental, visando ao conhecimento, à detecção ou à prevenção de quaisquer mudanças nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de recomendar e adotar medidas de promoção da saúde ambiental, prevenção e controle dos fatores de risco relacionados às doenças e outros agravos à saúde” (Ministério da Saúde, 2006).

Ainda por meio do Programa Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado, são estabelecidos os marcos legais que sustentam a efetividade de um programa de saúde relacionado à contaminação no solo.

Uma das principais justificativas para o programa é definida como “a necessidade de políticas públicas integradas para a definição de estratégias e a criação de instrumentos de gestão relacionados à contaminação do solo e seus efeitos diretos ou indiretos à saúde humana e ao ambiente”.

A avaliação de risco à saúde humana é definida como um “instrumento de levantamento e análise de informações ambientais e de saúde, mediante técnicas específicas visando subsidiar a tomada de decisão e o gerenciamento dos riscos à saúde humana”.

O programa ainda ressalta a questão do controle social relacionado ao gerenciamento de uma área contaminada. É de fundamental importância e garantido por lei, a participação social no controle da execução da política de saúde em todas as etapas do processo de vigilância à saúde ambiental, desde a etapa inicial de identificação das áreas de risco e o estabelecimento de prioridades, a adoção de estratégias de redução de riscos, até o controle das políticas públicas e da aplicação de recursos. O Ministério da Saúde afirma que o conhecimento prévio das situações de risco proporcionará a ampliação da discussão e a participação social nos Conselhos de Saúde como forma de propor políticas de gestão relacionadas à uma determinada área contaminada.

O programa cria o VIGISOLO (Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado) que tem a função de operacionalizar as diversas ações relacionadas ao programa, nas mais diversas esferas de atuação.

É de fundamental importância neste programa, o estabelecimento das competências relacionadas aos distintos órgãos nas esferas federal, estadual e municipal. Na definição de competências relacionadas ao Ministério da Saúde, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde, podem ser ressaltadas duas ações:

- coordenar e supervisionar as ações de vigilância em saúde ambiental de contaminantes ambientais no solo de importância e repercussão na saúde pública;
- coordenar e executar as atividades relativas à informação e comunicação de risco à saúde decorrente de contaminação ambiental.

Entende-se claramente que as ações relacionadas à comunicação de risco para uma população diretamente envolvida em um caso de área contaminada são de competência da esfera federal.



### 3.1 FUNDAMENTOS TÉCNICOS DA AVALIAÇÃO DE RISCO

A USEPA (1989), definiu quatro etapas distintas dentro do processo de avaliação de risco à saúde humana, quais sejam:

- coleta, análise e interpretação de dados;
- avaliação da exposição;
- análise da toxicidade,
- caracterização do risco.

A Figura 2 a seguir apresenta as relações entre as diferentes etapas:

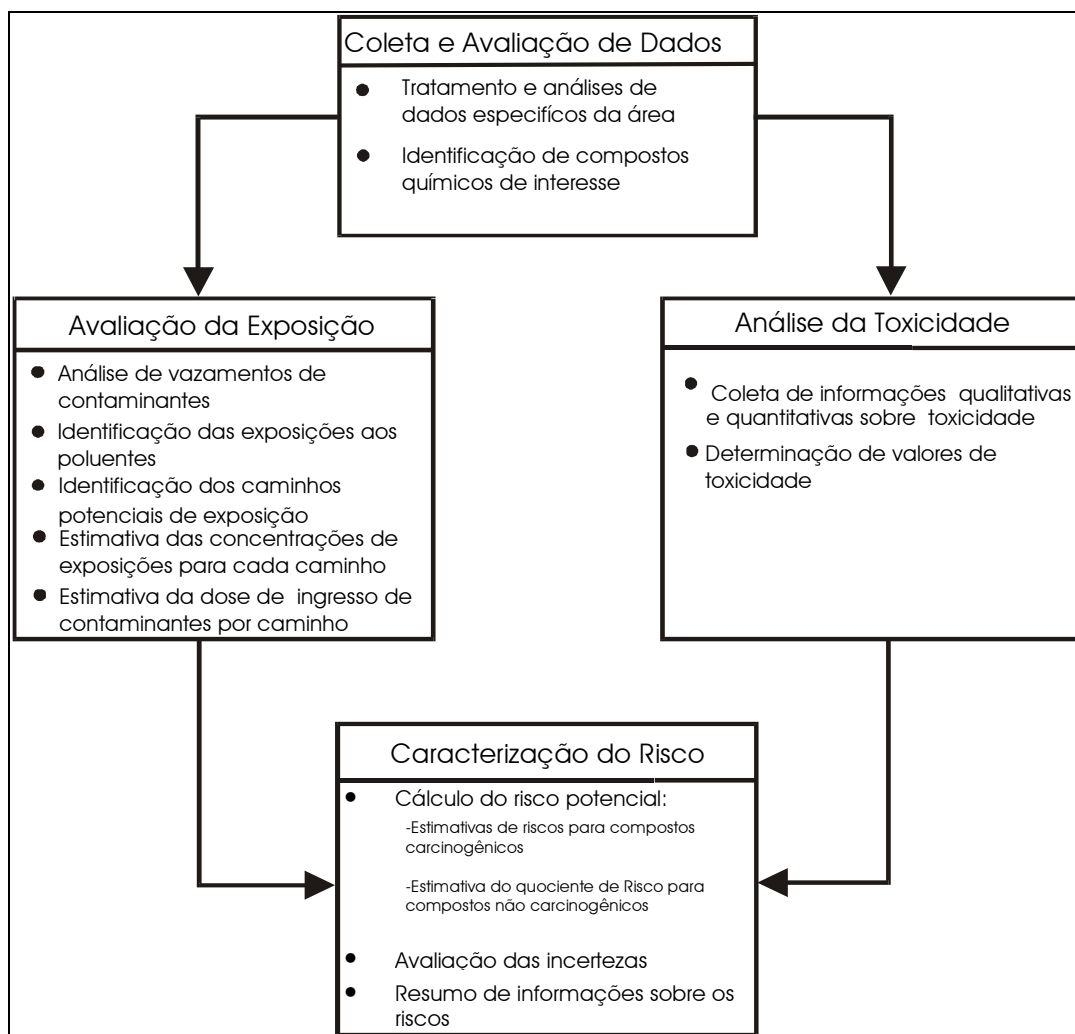


Figura 2: interação das etapas da avaliação de risco (modificado de U.S.EPA, 1989; *apud* ABNT, 2006, em desenvolvimento)

A seguir serão definidos de forma sucinta, os conceitos e objetivos para cada etapa do processo, conforme estabelecido pela USEPA (1989) e em fase de adaptação pela ABNT (ABNT, 2007, em desenvolvimento).

A fase de coleta, análise e interpretação de dados envolve a compilação e avaliação de todas as informações relevantes para o desenvolvimento adequado do processo de avaliação de risco, considerando o nível de entendimento atual do cenário de contaminação. Nesta etapa todos os dados ambientais disponíveis são avaliados visando a geração do modelo conceitual de exposição (MCE), bem como a identificação dos dados básicos para o quantificação das concentrações de exposição.

Na etapa de Avaliação da Exposição é desenvolvida a quantificação das doses teóricas de ingresso nos pontos de exposição (POE) considerando a intensidade, frequência e duração deste evento, segundo o MCE desenvolvido na etapa descrita anteriormente. A estimativa das doses teóricas de ingresso é fundamentada nos dados disponibilizados na etapa anterior, entretanto, o modelamento matemático para previsão do transporte e atenuação de contaminantes no meio físico também é uma ferramenta que pode ser utilizada para desenvolvimento desta estimativa em função da complexidade das vias de exposição.

A etapa de avaliação da exposição deve prever os usos atuais e futuros da área em estudo, bem como seu entorno, sendo necessário que:

- sejam entendidos os mecanismos de liberação primária dos compostos químicos de interesse e seu comportamento no meio físico;
- sejam identificadas as populações potencialmente expostas;
- sejam identificados todos os caminhos de exposição;
- sejam estimadas as concentrações nos pontos de exposição, para cada caminho específico.

Os resultados quantitativos dessa etapa são as doses de ingresso de um composto químico de interesse, calculadas para um determinado cenário de exposição. A etapa de avaliação da exposição pode ser dividida em três fases distintas, quais sejam

- caracterização da exposição;
- identificação dos cenários de Exposição;
- quantificação da exposição.

A primeira fase da avaliação da exposição é a caracterização da exposição, que consiste na análise de dados sobre o contaminantes, meio físico e populações potencialmente expostas dentro e fora da área de interesse, visando definir em detalhe as características associadas ao processo de exposição. O resultado dessa fase é uma análise qualitativa do processo de contaminação e das populações localizadas na área de estudo e em suas proximidades, considerando as características que irão influenciar sua potencial exposição.

Na fase de identificação dos cenários de exposição são definidos todos os caminhos pelos quais cada população identificada na etapa anterior pode ser exposta. Nesta fase também devem ser identificados os compostos químicos de interesse (COC) para a quantificação da exposição, considerando os seguintes critérios:

- resíduos e/ou substâncias que estejam associadas a fonte de contaminação ou sejam subprodutos do processo de degradação no meio físico;
- resíduos e/ou substâncias que possuam perfil toxicológico avaliado e disponível;
- resíduos e/ou substâncias que possuam distribuição espacial e concentrações identificadas em pelo menos um compartimento do meio físico;
- resíduos e/ou substâncias que possam ser envolvidos em cenários de exposição a serem avaliados.

Cada cenário de exposição deverá descrever um único mecanismo pelo qual cada população pode ser exposta aos compostos químicos de interesse, considerando o ponto de exposição dentro ou fora da área de interesse. Um cenário de exposição deve descrever o curso de um COC, partindo da fonte até chegar ao organismo exposto. Cada cenário de exposição é composto pela fonte de contaminação, pelo compartimento do meio físico disponível para o transporte do contaminante, por um ponto de exposição e uma via de ingresso.

Os cenários de exposição são identificados com base nos seguintes itens:

- fontes e mecanismos de contaminação;
- meio onde está retida a contaminação e/ou meio por onde a contaminação é transportada;
- tipo e localização dos compostos químicos de interesse na área de estudo;
- comportamento dos compostos químicos de interesse no meio físico (persistência, partição, transporte, atenuação e transferência entre meios);
- pontos de exposição onde ocorre o contato potencial do receptor com o COC;
- vias de ingresso (ingestão, inalação e contato dérmico) que descreverá o modo como um COC entra em contato com o receptor.

Serão apresentadas a seguir, conforme USEPA (1989), CETESB (2005) e ABNT (2006, em desenvolvimento), as principais equações utilizadas na etapa de quantificação do risco.

A equação genérica para o cálculo da dose de ingresso de um composto é apresentada na seguinte fórmula:

Equação 1: cálculo genérico da dose de ingresso de um composto

$I = C \times \frac{CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$		
I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso para um Caminho de Exposição
C	mg/L ou mg/kg	Concentração do Composto Químico de Interesse no meio de contato
CR	L/dia ou kg/dia	Taxa de contato
EF	dias/ano	Frequência de Exposição
ED	Ano	Duração da Exposição
BW	Kg	Massa Corpórea
AT	Dias	Período Médio de Exposição

Nesta equação são apresentadas três categorias de parâmetros de exposição são utilizados para o cálculo da dose de ingresso, quais sejam:

- parâmetros relacionados ao composto químico;
- parâmetros que descrevem a exposição das populações;
- parâmetros referentes à duração e frequência de exposição (tempo médio).

A etapa de quantificação doses teóricas de ingresso (In) pode ser conduzida em dois estágios: estimativa das concentrações nos pontos de exposição, cálculo da doses teóricas de ingresso (In) por caminho de exposição.

Considerando que um receptor humano pode ser exposto a um composto contaminante presente na água subterrânea e/ou na água superficial pelas seguintes vias de ingresso: 1) ingestão de água subterrânea ou água superficial usada para consumo; 2) ingestão incidental de água superficial durante a natação/recreação; e 3) contato dérmico com água subterrânea ou água superficial; foram definidas as seguintes equações para o cálculo das respectivas doses de ingresso:

Equação 2: dose de ingresso para ingestão de água contaminada usada para consumo

$I = C_w \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW} \times \frac{1}{AT}$		
I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso por Ingestão de Água Contaminada
C <sub>w</sub>	mg/L	Concentração do Composto Químico na Água
IR	L/dia	Taxa de Ingestão de Água
EF	dias/ano	Frequência de Exposição
ED	Ano	Duração da Exposição
BW	Kg	Massa Corpórea
AT	Dias	Período Médio de Exposição

Equação 3: dose de ingresso para ingestão de água contaminada via água superficial

$$I = C_w \times \frac{IR \times ET \times EF \times ED}{BW} \times \frac{1}{AT}$$

I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso por Ingestão de Água Contaminada
C <sub>w</sub>	mg/L	Concentração do Composto Químico na Água Superficial
IR	L/dia	Taxa de Ingestão Incidental de Água Superficial
ET	Horas/dia	Tempo de Exposição
EF	dia/ano	Frequência de Exposição
ED	Ano	Duração da Exposição
BW	Kg	Massa Corpórea
AT	Dias	Período Médio de Exposição

Equação 4: dose de ingresso para absorção por contato dérmico com água contaminada

$$I = C_w \times \frac{AS \times PC \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW} \times \frac{1}{AT}$$

I	mg/kg-dia	Dose Absorvida por Contato Dérmico com Água Contaminada
C <sub>w</sub>	mg/L	Concentração do Composto Químico na Água Superficial
AS	cm <sup>2</sup>	Área da Superfície da pele Disponível para Contato
PC	cm/hora	Constante de Permeabilidade Dérmica
ET	horas/dia	Tempo de Exposição
EF	dias/ano	Frequência de Exposição
ED	Ano	Duração da Exposição
CF	10 <sup>-3</sup> L/cm <sup>3</sup>	Fator de Conversão
BW	Kg	Massa Corpórea
AT	Dias	Período Médio de Exposição

Considerando que um receptor humano pode ser exposto a um composto contaminante no solo, sedimento ou poeira pelas vias de ingresso: 1) contato dérmico, ou 2) ingestão; foram definidas as seguintes equações para o cálculo das respectivas doses de ingresso:

Equação 5: dose de ingresso por contato dérmico com solo contaminado

$$I = C_s \times \frac{AS \times AF \times ABS \times EF \times ED \times CF}{BW} \times \frac{1}{AT}$$

I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso por Contato Dérmico com Solo Contaminado
C <sub>s</sub>	mg/kg	Concentração do Composto Químico no Solo
AS	cm <sup>2</sup> /evento	Área da Superfície da pele Disponível para Contato
AF	mg/cm <sup>2</sup>	Fator de Aderência do Solo na Pele
ABS	Adimensional	Fator de Absorção Dérmica
EF	evento/ano	Frequência de Exposição
ED	Ano	Duração da Exposição
CF	10 <sup>-6</sup> kg/mg	Fator de Conversão
BW	Kg	Peso Corpóreo
AT	Dias	Período Médio de Exposição

Equação 6: dose de ingresso por ingestão acidental de solo contaminado

$$I = C_s \times \frac{IR \times FI \times EF \times ED \times CF}{BW} \times \frac{1}{AT}$$

I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso por Ingestão Incidental de Solo Contaminado
C <sub>s</sub>	mg/kg	Concentração do Composto Químico no Solo
IR	mg/dia	Taxa de Ingestão de Solo
FI	Adimensional	Fração Ingerida (da fonte de contaminação) da originada da área contaminada
EF	dias/ano	Frequência de Exposição
ED	ano	Duração da Exposição
CF	10 <sup>-6</sup> kg/mg	Fator de Conversão
BW	Kg	Massa Corpórea
AT	dias	Período Médio de Exposição

Considerando que um receptor humano pode ser exposto a um composto químico de interesse presente no ar pelas vias de ingresso 1) inalação de vapores; e 2) inalação de partículas, foi definida a seguinte equação para cálculo da dose de ingresso:

Equação 7: dose de ingresso por inalação de ar contaminado

$$I = C_A \times \frac{IR \times ET \times EF \times ED}{BW} \times \frac{1}{AT}$$

I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso por Inalação de Ar Contaminado
C <sub>A</sub>	mg/m <sup>3</sup>	Concentração do Composto Químico no Ar
IR	m <sup>3</sup> /hora	Taxa de Inalação
ET	horas/dia	Tempo de Exposição
EF	dias/ano	Frequência de Exposição
ED	Ano	Duração da Exposição
BW	Kg	Massa Corpórea
AT	Dias	Período Médio de Exposição

Todas as doses de ingresso calculadas individualmente deverão ser agrupadas, considerando os caminhos de exposição e cenários que levem aos múltiplos ingressos definidos previamente no modelo conceitual.

Posteriormente, para a análise da toxicidade, devem ser diferenciados os compostos com efeitos não carcinogênicos e os compostos com efeitos carcinogênicos. Essa análise é realizada a partir da consulta de bancos de dados toxicológicos dentre os quais podem ser destacados os seguintes:

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

Considerando os efeitos carcinogênicos, com base na avaliação que o composto químico é conhecido ou provavelmente gerador de câncer em humanos, poderá ser definido um valor de toxicidade que irá definir quantitativamente a relação entre a dose e a resposta carcinogênica, ou seja, o Fator de Carcinogenicidade (SF). O SF é uma estimativa da probabilidade de uma resposta por unidade de ingresso de um composto químico durante o tempo de vida. O SF é utilizado na avaliação de risco para estimar a probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer durante o tempo de vida.

O SF é determinado pelo risco de câncer por unidade de dose, por meio da seguinte equação:

Equação 8: cálculo do fator de carcinogenicidade

$$SF = \frac{1}{mg/kg-dia}$$

Posteriormente ao cálculo do SF é possível quantificar o risco carcinogênico por meio da seguinte equação:

Equação 9: equação linear para quantificação do risco carcinogênico

$Risco = I_n \times SF$		
Risco	-	Risco Carcinogênico
I	mg/kg-dia	Dose de Ingresso para o Cenário de Exposição "n"
SF	(1/mg/kg-dia)	Fator de Carcinogenicidade

Para quantificação de efeitos não carcinogênicos, devem ser considerados três períodos de tempo para avaliação:

- crônico – duração da exposição variando de sete anos ao tempo de vida;
- subcrônico – duração da exposição variando de duas semanas a sete anos;
- curta duração – duração da exposição menor que duas semanas.

Adicionalmente devem ser consultadas as respectivas doses de referência para as vias de ingresso a serem avaliadas no estudo de avaliação de risco, como se segue:

- dose de referência para Inalação (RfDo), determinada visando a caracterização de efeitos adversos a saúde causados segundo um evento de exposição onde a via de ingresso avaliada é a inalação;
- dose de referência para Ingestão (RfDi), determinada visando a caracterização de efeitos adversos a saúde causados segundo um evento de exposição onde a via de ingresso avaliada é a ingestão;
- dose de referência para Contato Dérmico (RfDd), determinada visando a caracterização de efeitos adversos a saúde causados segundo um evento de exposição onde a via de ingresso avaliada é o contato dérmico.

Os quocientes de risco (HQ) apropriados às respectivas doses de ingresso devem ser quantificados na etapa de avaliação da exposição para um tempo de exposição (crônico, subcrônico ou curta duração) compatível com a RfD e o modelo conceitual de exposição definido para a área. O quociente de risco é dado pela razão entre o ingresso ( $I$ ) do composto de interesse para uma determinada via de exposição e a dose de referência ( $RfD$ ) para o mesmo composto, como se segue:

Equação 10: equação para cálculo do quociente de risco não carcinogênico

$HQ = \left( \frac{I_n}{RfD_i} \right)$
$I_n$ (M/M-T) - é a dose de ingresso para a via de exposição $n$ (ingestão, inalação ou cont. dérmico);
$RfD_i$ (M/M-T) - é a dose de referência para o composto de interesse $i$ .

Estas linhas gerais do processo de avaliação de risco à saúde humana foram definidas pela USEPA (1989), e posteriormente adaptadas ao Estado de São Paulo pela CETESB (2005) e ABNT (2006, em desenvolvimento).

### **3.2 HISTÓRICO DO HCH (HEXACLOROCICLOHEXANO)**

O composto químico hexaclorociclohexano, também comumente designado como HCH, foi descoberto por Michael Faraday em 1825 a partir da reação de benzeno com cloro na presença de luz solar. Em 1912 o químico holandês Van der Linden isolou o isômero gama a partir de uma mistura de HCH (AMADORI, 1993, *apud* IHPA, 2006). Posteriormente esse isômero foi denominado lindano em homenagem ao seu descobridor. As características inseticidas do HCH foram identificadas pela primeira vez por Bender e posteriormente Dupire desenvolveu estudos detalhados sobre o HCH e iniciou sua utilização como pesticida (STOFFBERICHT, 1993, *apud* IHPA, 2006). A partir de 1947 o HCH começou a ser produzido comercialmente na Alemanha.

É importante ressaltar que o HCH também recebe a designação de “benzeno hexaclorado”, sendo abreviado como BHC, principalmente nos Estados Unidos, entretanto esta designação gera controvérsias, pois é considerada incorreta pela IUPAC, porém é aceita pela ISO e pela UN FAO (IHPA, 2006). Este trabalho recomenda e utiliza a denominação HCH para a substância hexaclorociclohexano.

O termo HCH técnico consiste basicamente em uma mistura de vários isômeros do HCH, diferenciados entre si por uma letra grega. O produto bruto do processo de fabricação do HCH contém cerca de 14% de gama-HCH e 86 % de isômeros inativos, quais sejam, 65% a 70% de alfa-HCH, 7% a 10% de beta-HCH, 14% a 15% de gama-HCH, aproximadamente 7% de delta-HCH, e entre 1% a 2% de epsilon-HCH e entre 1% e 2% de outros compostos. O fato de apenas o gama-HCH apresentar propriedades inseticidas, faz com que todos os demais isômeros sejam denominados de “inativos”.

Quando o processo produtivo consegue remover a maior parte dos isômeros inativos, o produto final apresenta um alto conteúdo do isômero gama e é denominado HCH enriquecido (IHPA, 2006). Esse produto, rico em isômero gama-HCH, também é denominado lindano.

No Brasil o lindano foi usado principalmente nas atividades agrícola e florestal e também para fins sanitários, incluindo uso doméstico (CUNHA, 1997). A comercialização, o uso e a distribuição do HCH foram proibidos no Brasil em 1985 (GELMINI, 1991 *apud* CUNHA, 1997). Estima-se que existam entre 100.000 a 200.000 toneladas de solo contaminado por HCH e no mínimo 50.000 toneladas de resíduos de HCH (UNEP, 2002, *apud* IHPA, 2006).



## 4. MÉTODOS DE TRABALHO

Os principais métodos para o desenvolvimento deste trabalho são o método indutivo, onde um estudo de caso específico é utilizado como modelo de avaliação de risco e o método dedutivo, em função da utilização de modelos analíticos para determinação das direções preferenciais de fluxo da água subterrânea e para cálculo do risco à saúde humana.

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de pesquisa à literatura relacionada ao tema desse trabalho. Para a análise histórica das fotos aéreas disponíveis para a área foi utilizada a técnica de aerofotogrametria, que consiste no levantamento de feições identificadoras dos locais potenciais de disposição de resíduos sólidos tendo por base determinadas características, tais como tonalidade, forma, textura, tamanho e posição geográfica. A análise das fotos foi feita na forma convencional com o emprego de estereoscópio.

Foram interpretadas as seguintes fotografias aéreas:

Tabela 1: fotografias aéreas utilizadas

Ano das Fotografias Aéreas	Escala
1968	1:5.000
1973	1: 35.000
1977	1:40.000 (imagem digital)
1986	1:10.000 (imagem digital)
1996	1:5.000
2001	1:30.000

O processamento digital teve como objetivo a visualização das feições levantadas na fotointerpretação e ajuste das fotos aéreas na mesma escala. A área de estudo em cada fotografia aérea foi digitalizada, exceto para as fotos dos anos de 1977 e 1986, que foram obtidas originalmente também na forma digital (Geoimagem, 2001).

Os mapas utilizados como base foram as folhas GEGRAN – SF-23-Y-D-I-3-SO-E-III-1 e SF-23-Y-D-I-3-SO-E-III-2 na escala 1:2.000. A área de estudo, localizada entre esses dois mapas, foi digitalizada e georreferenciada e serviu de base para a correção geográfica das fotografias aéreas (GEOIMAGEM, 2001).

Para a execução de sondagens e instalação de poços de monitoramento foram seguidas as recomendações técnicas da NBR ABNT 13.895/1997 – “Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem”. Os ensaios de permeabilidade para caracterização hidráulica do aquífero foram realizados segundo as recomendações técnicas do Boletim 04 – “Ensaio de Permeabilidade em Solos – Orientações para sua execução em campo” (ABGE, 1996). A interpretação dos resultados dos ensaios de permeabilidade foi realizada com o auxílio do software *Aquifer Test* Versão 3.5.

Após a execução de todas as sondagens e a instalação dos poços de monitoramento foi realizado o levantamento topográfico georreferenciado para todos os pontos de interesse para o trabalho.

O levantamento do uso da água subterrânea no Jardim Keralux e no entorno deste, considerando um raio de cerca de 1500 metros, foi realizado por meio de consulta ao banco de dados disponível no DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo).

Para a execução das análises químicas de interesse foram utilizados os seguintes métodos analíticos:

- USEPA SW 846 - 8260B – *Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (CG/MS)*
- USEPA SW 846 – 8270C – *Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (CG/MS)*
- USEPA SW 846 - 5021 – *Volatile Organic Compounds and Other Solid Matrices Using Equilibrium Headspace Analysis*
- USEPA 3050B – *Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils*
- USEPA 6010B – *Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry*
- USEPA 7471-A – *Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)*
- SMEWW 6410 B *Extraction Liquid / Liquid – CG/MS*
- SMEWW 3120 B – *Inductively Coupled Plasma (ICP) Method*

A etapa de caracterização do risco, que envolve o cálculo dos riscos potenciais, foi realizada por meio do programa computacional RISC 4.05.

As diretrizes técnicas para a avaliação de risco à saúde humana seguiram as recomendações estabelecidas pela USEPA (1989), ASTM (2000), CETESB (2005a), e CETESB (2005b).

Os bancos de dados toxicológicos utilizados para a atualização e checagem dos dados disponíveis para cada composto de interesse foram os seguintes:

- *USEPA-IRIS - Integrated Risk Information System;*
- *HEAST - Health Effects Assessment Summary Tables;*
- *ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry.*

## 5. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

### 5.1. HISTÓRICO

A área objeto deste estudo localiza-se na região administrativa de Ermelino Matarazzo, zona leste do Município de São Paulo, Estado de São Paulo. O Jardim Keralux está situado à margem direita da Rodovia Ayrton Senna próximo à divisa de Guarulhos. A principal via de acesso é a Rodovia Ayrton Senna, a partir da qual toma-se a saída à direita no Km 17. Nas proximidades da área de estudo existem diversas áreas com atividades industriais ou de logística, tais como Cisper, Belgo Mineira e Bann Química. Adjacente à área de estudo também está localizado o campus da USP Zona Leste. A Figura 3 apresenta a localização da área de estudo.

A área foi ocupada pela indústria Cerâmica Keralux S.A. que esteve em funcionamento entre as décadas de 1960 e 1970. As operações da indústria incluíam a lavra de argila para obtenção de matéria prima para cerâmica. Após o fechamento e abandono da indústria, que ocorreu provavelmente no início da década de 1980, as cavas de onde foi removida a argila foram utilizadas para a disposição irregular de resíduos químicos industriais. Não é conhecida a origem nem a natureza de todos os resíduos dispostos de forma irregular na área. Tampouco são conhecidos em detalhes os processos da Cerâmica Keralux.

Posteriormente, na primeira metade da década de 1990, foi iniciado o processo de ocupação irregular da área objeto deste estudo. A população realizou a abertura de ruas sem pavimentação e também a construção irregular de rede de distribuição de água da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) e rede de esgoto. Foram construídas casas de alvenaria e no final da década de 1990 a área estava ocupada praticamente em sua totalidade.

O conhecimento formal da contaminação na área ocorreu em abril de 1997, quando a Administração Regional de Ermelino Matarazzo solicitou “averiguação ou intervenção em situação de risco à população exposta à contaminação por produtos químicos, altamente tóxicos, enterrados em terreno sito à Rua Arlindo Bettio, sem número” (DECONT, 1997). Análises laboratoriais realizadas no Instituto Biológico e no Instituto Adolfo Lutz confirmaram a presença de produto HCH (hexaclorociclohexano) na área. Posteriormente essa informação foi formalizada junto a CETESB, a Administração Regional de Ermelino Matarazzo e ao RESOLO / SEHAB (Departamento de Regularização de Parcelamentos da Secretaria de Habitação).

Em agosto de 1997, moradores do local expuseram HCH *in natura* em torrões centimétricos durante a escavação de valas para implantação da rede irregular de esgoto. Nesta ocasião a SMVMA (Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente) solicitou a COMDEC (Comissão Municipal de Defesa Civil) o isolamento físico da área onde foi encontrado o resíduo e, na seqüência, foi iniciada uma investigação sob responsabilidade da CETESB e do DECONT com o objetivo de delimitar a extensão da área com resíduo de HCH.

FIG 3

Os trabalhos foram realizados no sentido de determinar o volume de resíduos e, emergencialmente, remover o produto, minimizando o contato da população com o mesmo e diminuindo o risco de exposição aos moradores locais.

Em 19 de agosto foram iniciados trabalhos de campo com geofísica com o objetivo de se mapear a contaminação. Após este levantamento foram realizadas sondagens confirmatórias na área, estimando-se o volume de remoção, que considerou produto e solo muito contaminado, perfazendo um total de 64 m<sup>3</sup> ou cerca de 320 tambores.

Foram realizadas diversas reuniões entre os órgãos envolvidos, quais sejam, Secretaria de Administrações Regionais, Secretaria Municipal de Saúde, Administração Regional de Ermelino Matarazzo, Administração Regional da Penha, Administração Regional de São Miguel Paulista, Secretaria Estadual de Saúde, SMVMA, CETESB e COMDEC. A SMVMA e a CETESB elaboraram o documento “Plano de Ação Emergencial para a Área Contaminada da Antiga Indústria Keralux” (DECONT, 1997), onde ficou definido que as ações seriam coordenadas pela COMDEC, definindo prazos e responsabilidades para a remoção do produto da área.

A remoção dos resíduos foi realizada nos dias 19 e 25 de novembro de 1997 e teve como resultado 65,5 m<sup>3</sup> de resíduo e solo contaminado (cerca de 122,5 toneladas), que após serem removidos da área foram imediatamente encaminhados para o Aterro São João, no município de São Paulo.

Após os trabalhos de remoção, não foram realizados trabalhos adicionais de investigação ambiental. Em uma determinada etapa do processo de regularização da área, o Banco do Brasil assumiu uma área de cerca de 96.000 metros quadrados. Não foram fornecidas informações sobre o histórico de apropriação da área pelo Banco do Brasil. Posteriormente, o Banco do Brasil ofereceu a área de sua propriedade como parte do pagamento de uma dívida com a PMSP. Nesta ocasião, no final de 2003, o histórico de contaminação da área motivou a COHAB a realizar concorrência pública para execução das etapas de investigação confirmatória e avaliação de risco à saúde humana, conforme previsto no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001).

A empresa Waterloo Brasil Ltda foi a vencedora da concorrência e executou os serviços contratados. Os resultados dos trabalhos realizados pela Waterloo Brasil forneceram as bases técnicas para o desenvolvimento deste trabalho.

Os objetivos dos serviços executados no estudo de caso foram:

- Verificar a existência de resíduos remanescentes de HCH nas áreas previamente selecionadas por meio do levantamento aerofotogramétrico.
- Avaliar eventuais impactos relacionados ao solo e à água subterrânea na área de interesse.
- Realizar avaliação de risco à saúde humana definindo os riscos existentes à população exposta na área nos cenários reais e em cenários possíveis hipotéticos futuros.

Os trabalhos de campo foram realizados por meio da execução das seguintes etapas:

- Elaboração de estudos aerofotogramétricos para análise do histórico da área.
- Execução de sondagens para coleta de amostras de solo, identificação e delimitação de resíduos, em caso de verificação da existência dos mesmos;
- Execução de sondagens para instalação de poços de monitoramento.
- Coleta de amostras de solo e água subterrânea.
- Execução de ensaios de permeabilidade.
- Levantamento de uso de água subterrânea no entorno do Jd. Keralux.
- Levantamento topográfico georreferenciado.

## **5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA**

A área encontra-se atualmente ocupada por construções de alvenaria, predominando residência e também alguns estabelecimentos comerciais e atividades agrícolas em nível doméstico para subsistência.

O bairro se localiza na várzea do Tietê, às margens de um de seus braços praticamente sem vegetação ciliar. Os raros fragmentos existentes de mata ciliar encontram-se profundamente alterados, com presença de espécies invasoras e exóticas.

A região onde está situado o Jardim Keralux, em linhas gerais, é formada por rochas cristalinas, metamórficas e ígneas, perfazendo cerca de 85% da área e por rochas sedimentares do Cenozóico (Terciário e Quaternário) totalizando os restantes 15% da área.

As rochas cristalinas pertencem ao Complexo Cristalino e ao Grupo São Roque, sem uma separação bem definida entre eles, havendo uma transição entre os tipos litológicos, onde ocorrem rochas típicas do Grupo São Roque inseridas no Complexo Cristalino.

O Complexo Cristalino ocorre ao sul da falha de Taxaquara, com direção aproximada E-W, possivelmente se constituindo no elemento principal desta bacia. Sua porção setentrional segue ao norte da falha de Jundiuvira. Estão presentes neste grupo rochas como mica xistos, muscovita gnaisses e granitos. Já o Grupo São Roque ocorre como uma faixa E-W, situado entre as falhas citadas acima, como uma continuação do bloco São Roque. Estão presentes neste grupo rochas como metassedimentos síltico-argilosos, calcários, quartzitos e metaconglomerados (IPT, 1981).

Os sedimentos terciários pertencem à Formação São Paulo e estão distribuídos em forma de manchas irregulares na Bacia de São Paulo, apresentando a forma aproximada de uma elipse de "60 x 30 Km (eixo maior Jaceguava-Guarulhos, eixo menor Mauá-Lapa), com uma ramificação da Lapa para Barueri e outra de Itaquaquecetuba para Poá e Mogi das Cruzes, ambas acompanhando o Vale do Rio Tietê" (HASUI & CARNEIRO, 1980, p.5, *apud* IPT, 1981).

Em termos litológicos, a Formação São Paulo é composta predominantemente por “argilas, siltes e areias argilosas finas, sendo raras as ocorrências de areias grossas e cascalhos finos” (SUGUIO, 1980b, p.26, *apud* IPT, 1981).

### **5.3 LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO**

O levantamento aerofotogramétrico teve como principal objetivo realizar um levantamento histórico, a partir das fotos aéreas com datas de 1968, 1973, 1977, 1986, 1996 e 2001. Este levantamento propiciou a análise indireta, identificação e delimitação de áreas suspeitas de terem sido utilizadas para disposição irregular de resíduos no passado.

O levantamento foi desenvolvido para todo o loteamento Jd. Keralux, abrangendo tanto a gleba do Banco do Brasil, como a gleba de propriedades de terceiros. Entretanto, os trabalhos de investigação ambiental envolvendo sondagens e instalação de poços de monitoramento, foram realizados somente na área do Banco do Brasil, conforme Contrato No 036/2004. Os resultados da análise aerofotogramétrica propiciaram orientar a locação de sondagens e a instalação de poços de monitoramento.

O levantamento aerofotogramétrico, através da interpretação de mudanças em feições do relevo e vegetação, possibilitou ainda a identificação de 5 (cinco) áreas alvos para serem abordadas posteriormente.

### **5.4 COLETA DE DADOS EM CAMPO**

Os pontos investigados foram definidos a partir dos resultados dos trabalhos de levantamento aerofotogramétrico e do conhecimento histórico da área. As áreas inter-relacionadas foram alvos de sondagens confirmatórias de solo, propiciando a visualização direta do material, assim como a amostragem do solo para análises laboratoriais.

Para investigação dos pontos de interesse foram executadas 65 perfurações no solo através utilizando a técnica *direct push*, com cravação manual do amostrador, objetivando a coleta de amostras de solo e/ou resíduo. As sondagens nessa etapa totalizaram aproximadamente 73,0 m perfurados. Os pontos de sondagens podem ser observados na Figura 4.

As amostras das sondagens foram descritas quanto à granulação, mineralogia, estrutura, cor, odor, umidade e outras eventuais características organolépticas. Nos pontos onde houve a instalação dos poços de monitoramento o solo foi perfurado em diâmetro de quatro polegadas, com descrição contínua do material amostrado pelo trado helicoidal e pelos amostradores.

Foram instalados no total 15 poços de monitoramento na área de estudo. Os poços foram locados de forma a permitir identificar eventuais impactos na água subterrânea relacionados aos resíduos, assim como delimitar os limites de uma eventual pluma de contaminantes, além de permitir refinar os dados do mapa potenciométrico para definição das direções preferenciais de fluxo da água subterrânea. As Figuras 5 e 6 apresentam respectivamente os pontos de localização de poços de monitoramento e seus perfis construtivos.

Fig 4



FIG 5

FIG 6

Posteriormente as amostras coletadas foram acondicionadas em frascos fornecidos pelo laboratório, etiquetados com informações para controle do processo, tais como data, número da sondagem ou poço de monitoramento e profundidade das amostras. Seguindo o método utilizado, foram coletadas amostras de solo a cada metro com amostrador de aço inoxidável e *liners* descartáveis de polietileno no interior do amostrador de aço.

Foi utilizado um fotoionizador portátil modelo *MiniRAE* (PGM-75), com espectro de 0 a 1999 ppm, calibrado com gás isobutileno, com o objetivo de realizar medições *in situ* de vapores do solo e auxiliar a seleção de amostras a serem enviadas ao laboratório. As leituras dos compostos orgânicos totais foram feitas diretamente no interior de sacos plásticos que continham as amostras de solo, a fim de evitar perdas de voláteis. As amostras com maiores valores de leitura, identificadas nos pontos onde foram instalados os poços de monitoramento, foram selecionadas e encaminhadas para o laboratório.

Os poços de monitoramento foram instalados utilizando PVC geomecânico com diâmetro interno de duas polegadas. Os filtros possuem ranhuras de 0,5 mm de abertura nominal. Como pré-filtro, foi utilizada areia selecionada granulometricamente com diâmetro entre 2 e 3 mm. Para o selamento foi utilizada bentonita granulada. Após a instalação dos poços foi realizada o desenvolvimento para limpeza do material sedimentável dentro do poços, com o objetivo de obter amostras de água subterrânea com o mínimo de turbidez possível.

Foram determinadas as coordenadas e as cotas de todos os poços de monitoramento, para subsidiar o cálculo das cargas hidráulicas e a determinação das direções preferenciais de fluxo da água subterrânea. O levantamento topográfico também foi executado para todos os demais pontos de sondagem.

Também foram realizados ensaios de permeabilidade do tipo *slug test* nos poços de monitoramento para fornecer dados para o cálculo dos distintos valores de condutividade hidráulica (K) para o aquífero livre. A condutividade hidráulica é um dos parâmetros hidrogeológicos mais importantes para compreensão da dinâmica da água subterrânea no aquífero e está diretamente relacionada com a permeabilidade do solo da zona saturada.

O método de cálculo utilizado foi segundo Hvorslev (C.W. Fetter, 1994 - *Applied Hydrogeology* / L.L. Sanders, 1998, *A Manual of Field Hydrogeology*), utilizando o programa *Aquifer Test* para processamento dos dados.

Neste método, a condutividade hidráulica é calculada pela seguinte equação:

$$K = r^2 \ln(L / R) / 2 L T_o$$

Onde: K = condutividade hidráulica

r = raio do tubo

L = comprimento da seção filtrante do poço

R = raio do furo

T<sub>o</sub> = tempo correspondente a H / H<sub>o</sub> = 0,37

(sendo H<sub>o</sub> = nível d'água estático; H = nível d'água dinâmico).

O método para amostragem das águas subterrâneas seguiu as recomendações da Norma ABNT NBR 13.895 de junho de 1997 (“Construção de poços de monitoramento e amostragem”).

A amostragem dos poços seguiu as etapas:

- medição do nível d’água;
- cálculo do volume d’água a ser retirado do poço (três vezes o volume da coluna d’água contida no poço);
- esgotamento do volume calculado;
- coleta de amostra de água para medida de parâmetros físico-químicos e,
- coleta de água em frascos específicos para os parâmetros químicos de interesse.

Os frascos utilizados na coleta foram fornecidos pelo laboratório BIOAGRI AMBIENTAL Ltda. O esgotamento e a amostragem dos poços de monitoramento foi realizado através de *bailers* descartáveis. Após o término do esgotamento dos poços, foram iniciados os procedimentos de coleta de água subterrânea. Uma amostra em cada ponto foi coletada para determinação dos parâmetros *in situ* (pH, temperatura, e potencial redox).

Equipamentos não descartáveis passaram por um processo de descontaminação após cada amostragem, com o objetivos de minimizar a possibilidade de contaminação cruzada. Foram coletadas no total, 17 amostras de água, sendo quinze nos poços de monitoramento e duas amostras correspondentes ao branco de campo e branco de equipamento, para controle da qualidade dos procedimentos de amostragem.

Os parâmetros analisados foram Compostos Orgânicos Voláteis (VOC), Metais e HCH

Os resultados foram avaliados utilizando-se como referência os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas, publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 26/10/2001, conforme decisão de Diretoria Plena No 014/01/E de 26/07/2001, que aprovou o relatório “Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo”, elaborado pela CETESB. Para comparação dos valores em solo foi utilizado o limite estabelecido para cenário agrícola, por ser o mais restritivo, objetivando de forma preliminar, uma abordagem conservadora. Em alguns casos também foram feitas referências à Lista Holandesa (*Dutch Reference Framework*), para parâmetros que não constam na lista de valores estabelecida pela CETESB.

A Lista Holandesa apresenta três grupos de valores orientadores:

- **Limite S** (*Target value*): valor de referência.
- **Limite T** (*Further investigation value*): indica concentrações em nível de alerta.
- **Limite I** (*Intervention value*): indica que os valores detectados podem oferecer risco à saúde humana, recomendando-se a adoção de ações corretivas.

Para atualizar este trabalho, os resultados foram comparados com Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo (Decisão de Diretoria N. 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005), utilizando os seguintes valores comparativos:

- **Valor de Referência de Qualidade (VRQ)** – “definido como a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea”.
- **Valor de Prevenção (VP)** – “é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea, indicando a qualidade de um solo ser capaz de sustentar suas funções primárias, protegendo os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas”.
- **Valor de Intervenção (VI)**: é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição genérico. Especificamente para a qualidade do solo, os valores foram calculados utilizando-se procedimentos de avaliação de risco à saúde humana para os cenários de exposição 1- Agrícola / Área de Proteção Máxima (APMax); 2- Residencial; 3- Industrial.

Também foram utilizados para comparação os valores PRG's (*Preliminary Remediation Goals*) da USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) – Região IX (USEPA, 2004), contendo cerca de 600 “concentrações – objetivo” para compostos químicos individualizados. Para este trabalho foram utilizados os respectivos valores PRG's estabelecidos para vias de exposição de contato direto, considerando-se o cenário de “Solos Residenciais”.

Ressalta-se que os dados utilizados na avaliação de risco foram os mesmos selecionados na época da execução do projeto pela Waterloo Brasil para que se possa manter e avaliar os resultados reais obtidos no estudo de caso.

## **6. RESULTADOS OBTIDOS**

### **6.1 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO**

A geologia local foi definida com base nas sondagens executada na área de estudo. A área foi aterrada com um material predominantemente areno-argiloso, apresentando isoladamente porções areno-argilosas com cascalho. Essa camada de aterro apresenta profundidades variando desde a superfície até no máximo 2,0 metros. Abaixo desta camada, predominam argilas de cor cinza, ocasionalmente com frações ora mais siltosas, ora mais arenosas, que foram observadas desde aproximadamente 1,5 metros até no máximo 4,0 metros, coincidindo com a profundidade máxima alcançada pelas sondagens.

O aquífero subterrâneo local é do tipo livre ou freático em relação ao confinamento da água subterrânea. Os principais parâmetros hidrogeológicos avaliados em campo e calculados posteriormente foram a carga hidráulica (H) e a condutividade hidráulica (K).

A Tabela 2 apresenta as principais informações sobre os poços de monitoramento - coordenadas, profundidade, cota e profundidade do nível d'água. A carga hidráulica foi obtida pela diferença entre a cota da boca do poço pela profundidade do nível d'água.

A Figura 7 apresenta as direções preferenciais de fluxo da água subterrânea no aquífero livre local. As direções foram obtidas por meio da interpolação dos valores de carga hidráulica dos poços de monitoramento que forneceram linhas equipotenciais. Os vetores de fluxo são perpendiculares às linhas equipotenciais. A resultante geral do fluxo é no sentido Norte e Nordeste, com discretas inflexões para Noroeste.

TAB 2

FIG 7



## **6.2 CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO SOLO**

As determinações das concentrações de metais nas amostras de solo analisadas apresentaram os seguintes resultados relevantes, acima dos respectivos valores de alerta da CETESB: bário nos pontos PT18-0,6m, PT21-0,6m, PT30-0,6m, PT31-1,2m e PT32-06m; cádmio nos pontos PT1-0,6m e PT1-1,8m; e chumbo nos pontos PT1-1,6m, PT1-1,8m e PT31-0,6m. O bário foi o único metal encontrado acima do limite de intervenção da CETESB no ponto PT31-06m, representando uma alteração pontual para esse parâmetro. Esses resultados podem ser observados na Tabela 3.

Todas as demais amostras analisadas apresentam resultados abaixo dos respectivos limites de detecção do laboratório, ressaltando que os limites de detecção atendem os valores orientadores aplicáveis. Os resultados podem ser observados nas Tabelas 4 e 5.

As amostras para análise das características físicas do solo, coletadas respectivamente nos pontos PT-65 (AM-01), PT-42 (AM-02), PT-06 (AM-03), PT-26 (AM-04) e PT-37 (AM-05) mostraram densidade real média de  $2,659\text{g/cm}^3$  e porosidade média de 53,8%. As análises de granulometria indicaram que o solo da área, em um contexto geral, é classificado como argilo-arenoso, com exceção da área localizada na rua Arlindo Bettio, onde a AM-02 apresentou altas concentrações de argila em sua composição, indicando localmente um solo predominantemente argiloso.

TABELA 3: Resultados Analíticos para metais no solo

TABELA 4: HCH solo

TABELA 5: VOC solo

### **6.3 CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA**

As determinações das concentrações de metais nas amostras de água subterrânea analisadas identificaram os seguintes elementos acima do limite de intervenção da CETESB: alumínio no PM-07, bário no PM-14, cádmio nos PM-09, PM-10, PM-11 e PM-12, manganês em todos os poços e níquel nos PM-09, PM-10, PM-11 e PM-12. Os resultados podem ser observados na Tabela 6.

O composto HCH foi analisado na água subterrânea para os isômeros alfa-HCH, gama-HCH (lindano), beta-HCH e delta-HCH. A comparação com o valor de referência da Lista Holandesa (0,0002 ug/L) mostra que o isômero gama-HCH (lindano) apresenta concentrações acima deste limite nos poços de monitoramento PM-04, PM-05 e PM-06, que tem correlação com a área onde a CETESB removeu os resíduos em 1997. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 7.

As análises de compostos orgânicos voláteis na água subterrânea não apresentaram valores acima do limite de detecção do laboratório, ressaltando que esses limites atenderam de forma adequada os respectivos valores orientadores. Os resultados podem ser observados na Tabela 8.

TAB 6 metais na água

TAB 7 HCH na água

TAB 8 VOC na água



## **7. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA**

Os principais objetivos da avaliação de risco, definidos preliminarmente para esse trabalho, são:

- Determinar e quantificar o risco à saúde humana para as populações receptoras na área residencial do Jardim Keralux, considerando os contaminantes detectados, e as vias e pontos de exposição no cenário atual (2004), e também considerando cenários hipotéticos futuros;
- Fornecer subsídios técnicos que propiciem o gerenciamento adequado dos riscos existentes, definindo estratégias de remediação para os contaminantes causadores do risco ou medidas de engenharia que resguardem a saúde humana na área.

### **7.1 CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA**

O Jardim Keralux não possui, na área avaliada, poços de abastecimento público que utilizam água subterrânea, segundo informações levantadas no DAEE. A água utilizada para consumo doméstico provém do abastecimento público da SABESP.

Levantamento realizado junto ao DAEE mostrou que o poço público mais próximo da área de estudo localiza-se no Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos, administrado pela INFRAERO. Os demais poços existentes na área são poços de propriedade privada, captando água do aquífero confinado, com exceção de 2 poços rasos (cisternas), localizados na *empresa Allied Signal Automotive Ltda.*, situada à Av. Júlia Gaiolli. A água captada por esses poços rasos tem usos declarados junto ao DAEE como industrial e sanitário.

### **7.2 COLETA E AVALIAÇÃO DE DADOS**

As amostras de solo e água subterrânea foram coletadas no campo e analisadas em laboratório em março de 2004. Para a avaliação de risco foi realizada a seleção dos compostos de interesse, com base nos dados obtidos nesta investigação, bem como a avaliação do status da pluma de contaminação.

### **7.3 SELEÇÃO DE COMPOSTOS DE INTERESSE**

Os critérios adotados para a seleção dos compostos de interesse que foram utilizados na avaliação de risco, encontram-se descritos a seguir:

- Foram desprezados os compostos químicos que apresentaram 100% de resultados “não detectados” (valores abaixo dos respectivos limites de detecção) em todas as amostras;
- Foram desprezados os compostos cujas concentrações são inferiores aos respectivos valores orientadores;
- Foram desprezados os compostos que não possuem informações toxicológicas e/ou carcinogênicas suficientes para avaliar eventuais efeitos nocivos à saúde humana.

Após a seleção, foram definidos os compostos de interesse, para os quais foi realizada a avaliação de risco, considerando o solo e a água subterrânea. Os compostos selecionados no solo e na água subterrânea estão apresentados respectivamente nas Tabelas 9 e 10.

Em relação aos isômeros de HCH na água subterrânea, foram selecionados para inclusão na avaliação de risco os compostos gama-HCH, beta-HCH e alfa-HCH. O composto delta-HCH não foi considerado na avaliação de risco em função da falta de dados toxicológicos consistentes.

Entre os metais observados na água subterrânea, foram selecionados e inseridos nos cálculos de risco, bário, cádmio e níquel. Os metais alumínio e manganês, apesar de apresentarem concentrações acima dos valores orientadores para consumo humano, não foram selecionados para a avaliação de risco em função da inexistência de dados toxicológicos consistentes. O alumínio ocorre em um único poço de monitoramento (PM-07), localizado a montante da área de estudo, enquanto o manganês ocorre em todos os poços de monitoramento da área, inclusive nos poços PM-07 e PM-08, localizados a montante da área de estudo, sugerindo que este metal ocorre de forma natural na água subterrânea do aquífero livre local.

No solo, o metal bário foi detectado em um único ponto apresentando concentração acima do valor de intervenção, estabelecido pela CETESB para cenários residenciais, sendo dessa forma utilizado para a elaboração da avaliação de risco à saúde humana.

TAB 9 e 10

## **7.4 STATUS DE CONTAMINAÇÃO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

A análise do status da pluma de compostos na água subterrânea considerou os dados obtidos durante os trabalhos de campo, todas as análises laboratoriais executadas e os compostos de interesse selecionados para a avaliação de risco. As principais considerações encontram-se descritas a seguir:

- No decorrer da campanha de amostragem realizada não foi identificada a presença de fase livre de produtos no aquífero.
- As concentrações máximas obtidas na área para os isômeros de HCH acham-se relacionadas aos poços de monitoramento PM-04, PM-05 e PM-06, que estão completamente inseridos na área do Jardim Keralux. Dessa forma, considera-se que as plumas em fase dissolvida destes compostos possuem seus contornos definidos. O metal bário ocorre de forma isolada em um único poço de monitoramento (PM-14), enquanto níquel e cádmio ocorrem em 4 poços agrupados em uma área imediatamente a jusante da área de descarga do aquífero livre.

## **7.5 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO**

### **7.5.1 Caracterização dos Cenários de Exposição**

O modelo conceitual de exposição é a base para a avaliação do risco à saúde humana. No modelo conceitual, definido para a área do Jardim Keralux constam as possíveis fontes de contaminação, os mecanismos de liberação e transporte dos contaminantes, as vias de exposição identificadas e os receptores.

Após os trabalhos de investigação, considera-se que as fontes de contaminação primárias e secundárias foram adequadamente removidas da área em trabalhos anteriores.

Os contaminantes encontrados na área encontram-se dissolvidos na água subterrânea e são carregados por fluxo advectivo, tendo como área de descarga o corpo d'água superficial adjacente, que deságua posteriormente no Rio Tietê.

O cenário de exposição residencial foi considerado para as atividades atuais reais e atividades potenciais futuras desenvolvidas na área de estudo.

As populações consideradas na área são de adultos e crianças moradores do Jardim Keralux, potencialmente expostos de forma crônica a uma contaminação na área. Para essas populações receptoras, as vias de exposição potenciais, considerando o cenário atual são:

- Inalação de vapores em ambiente internos;
- Inalação de vapores em ambiente externos;
- Contato dermal com solo;
- Ingestão acidental de solo.

Uma população adicionalmente considerada é a dos trabalhadores de obras que poderão estar expostos de forma aguda aos contaminantes presentes na área. Para essa população receptora, a via de exposição potencial, considerando o cenário atual é:

- Contato dermal com água subterrânea

Para os trabalhadores de obras, não foi considerada a via de exposição contato dermal com solo, pois a contaminação no solo ocorre de forma bastante isolada, em um único ponto.

Está sendo considerado como cenário potencial futuro hipotético a ingestão de água subterrânea. Esse cenário está sendo considerado, de forma conservadora, no sentido de proteger as populações potencialmente expostas no futuro e também no sentido de orientar a Prefeitura do Município de São Paulo sobre formas adequadas de uso e ocupação do solo em relação à utilização de água subterrânea.

Para a ingestão de água subterrânea, a simulação de risco foi elaborada considerando as populações de adultos e crianças residentes na área. Outros cenários de exposição e populações receptoras poderão ser propostos para essa área, caso o cenário futuro seja modificado. A definição de outro tipo de ocupação depende de estudos adicionais, envolvendo a necessidade de nova avaliação de risco à saúde humana, que contemple as novas condições de exposição e eventuais populações expostas, assim como o uso e ocupação futuros da área.

### **7.5.2. Determinação da Concentração no Ponto de Exposição a partir de dados de água subterrânea**

Com base na seleção realizada para a obtenção dos compostos de interesse, os dados de análises químicas utilizados na avaliação de risco seguiram critérios apresentados a seguir.

No cenário residencial foram utilizados dados de água subterrânea das amostras relacionadas aos poços de monitoramento que se encontram na área avaliada do Jardim Keralux. Os valores selecionados foram as seguintes concentrações máximas:

- Gama HCH – 0,7 ug/l
- Alfa HCH – 1,3 ug/l
- Beta HCH – 0,7 ug/l
- Bário – 980,0 ug/l
- Cádmio – 3820,0 ug/l
- Níquel – 400,0 ug/l

No solo o único elemento utilizado na avaliação é apresentado a seguir:

- Bário – 1212,0 mg/kg

Optou-se por utilizar as concentrações máximas encontradas para cálculo do risco, em função da existência de poucos valores com resultados acima dos respectivos limites de detecção que não seriam suficientes para justificar um tratamento estatístico. Dessa forma, busca-se a garantia da obtenção de resultados conservadores, no sentido de proteger a saúde humana, conforme método adotado pela USEPA (1989).

### 7.5.3. Quantificação da Exposição

Para a quantificação da exposição foi utilizado o programa denominado *RISC WorkBench versão 4.05*. Na medida do possível, foram utilizados para o cenário proposto, valores específicos da área ou valores já definidos pela CETESB, ou ainda valores pré-estabelecidos pelo programa *RISC WorkBench versão 4.05*.

As variáveis relacionadas com a população potencialmente exposta encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 - Variáveis aplicáveis à população potencialmente exposta

Variáveis da população	CENÁRIO RESIDENCIAL	
	Adultos	Crianças
Peso corpóreo (Kg)	60	15
Quantidade de solo (mg)	100	200
Área descoberta da pele no ambiente interno (m <sup>2</sup> )	0,86	0,32
Área descoberta da pele no ambiente externo (m <sup>2</sup> )	0,86	0,32
Deposição dérmica no ambiente interno (mg de solo.cm <sup>-2</sup> )	0,056	0,056
Deposição dérmica no ambiente externo (mg de solo.cm <sup>-2</sup> )	3,75	0,51
Taxa de absorção dérmica (/horas)	0,005	0,01
Volume de ar inalado (m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup> )	22	15
Consumo de turbérculos da área contaminada (kg.dia <sup>-1</sup> )	0,02	0,015
Consumo de folhas e frutas da área contaminada (kg.dia <sup>-1</sup> )	0,02	0,015
Consumo de água (L.dia <sup>-1</sup> )	1	1
Área corpórea total (m <sup>2</sup> )	1,66	0,95
<b>Variáveis do tempo de permanência na área contaminada</b>		
Semanas por ano	52	52
Dias por semana	7	7
Horas de sono por dia	8	12
Horas no ambiente interno por dia	6	8
Horas no ambiente externo por dia	2	4
Horas no final de semana, no ambiente interno, por dia	8	8
Horas no final de semana, no ambiente externo, por dia	4	4
Tempo (anos)	24	6

## 7.6. AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE

### 7.6.1. Definição de valores de toxicidade para cada composto e via de exposição

Os valores de toxicidade utilizados no cálculo do risco foram obtidos através do levantamento bibliográfico realizado no IRIS - *Integrated Risk Information System*, HEAST - *Health Effects Assessment Summary Tables* e ATSDR – *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*.

Tabela 12 - Dados toxicológicos utilizados na avaliação de risco

Composto	CAS	Class. Carcinogênica	Fonte	SFo	SFi	SFd	DRo	DRi	DRd
gama HCH	58-89-9	A	Michael Ungs, 2004)	1,30E+00	1,30E+00	1,30E+00	3,00E-04	3,00E-04	3,00E-04
alfa HCH	319-84-6	B2	EPA (1993)	6,30E+00	6,30E+00	6,30E+00	5,00E-04	5,00E-04	5,00E-04
beta HCH	319-85-7	C	EPA (1993)	1,80E+00	1,80E+00	1,80E+00	2,00E-04	2,00E-04	2,00E-04
bário	7440-39-3	D	EPA (1986)	ND	ND	ND	2,00E-01	1,40E-04	7,00E-02
cádmio	7440-43-9	B1	EPA (1992)	ND	6,30E+00	ND	5,00E-04	ND	5,00E-04
níquel	7440-02-0	A	EPA (1992)	ND	8,40E-01	ND	2,00E-02	ND	2,00E-02

OBS.:  
 CAS: chemical abstract service  
 SFo: slope factor oral  
 SFi: slope factor para inalação  
 SFD: slope factor para contato dermal  
 DRo: dose de referência oral  
 DRi: dose de referência para inalação  
 DRd: dose de referência para contato dermal

A classificação carcinogênica tem origem na EPA (1986), que definiu seis grupos de substâncias conforme a existência de evidências científicas relacionadas ao potencial desenvolvimento de câncer em humanos e animais, quais sejam:

- Grupo A (carcinogênico para humanos): existem suficientes evidências para concluir que as substâncias deste grupo causam câncer em seres humanos;
- Grupo B1 (provável carcinogênico para humanos): existem evidências limitadas em estudos epidemiológicos em seres humanos de que as substâncias desse grupo causam câncer, porém ainda não são evidências conclusivas;
- Grupo B2 (provável carcinogênico para humanos): existem suficientes evidências de câncer em animais, porém as evidências em seres humanos, a partir de estudos epidemiológicos, são inadequadas, e portanto, pouco conclusivas;
- Grupo C (possível carcinogênico para humanos): existem evidências limitadas de que essas substâncias causam câncer em animais, porém os estudos epidemiológicos em humanos ainda não são conclusivos;
- Grupo D (não classificado como carcinogênico para humanos): ainda não existem evidências de que as substâncias desse grupo possam causar câncer em seres humanos;
- Grupo E (evidências de não-carcinogênico para humanos): existem fortes evidências de que as substâncias desse grupo não causam câncer em humanos, com base em testes em animais de pelo menos duas espécies distintas. A designação de substâncias para o grupo E tem como base as evidências disponíveis e não é uma conclusão definitiva.

O gama-HCH (lindano) é bastante tóxico aos seres humanos. A exposição crônica de humanos ao lindano, via inalação, tem sido associada a efeitos sobre o fígado e o sangue, e sobre os sistemas imunológico, cardiovascular e nervoso (USEPA, 2000). Dentre os efeitos agudos conhecidos, são comumente descritos irritações nasal e da garganta. Doses administradas via oral em ratos de laboratório mostraram nítidos efeitos carcinogênicos sobre estes animais.

“Vários casos de intoxicação, fatais e não-fatais, causadas por lindano têm sido registrados. Podem ser tanto acidentais como intencionais (suicídios) ou devido a negligência quanto aos procedimentos de segurança. Os sintomas incluem náusea, dor de cabeça, vômitos, tremor, convulsões e mudanças no padrão de eletroencefalograma. Estes efeitos são reversíveis após a descontinuidade da exposição tratamento sintomático. Pode causar anemia “hipoplastia” e danos a bainha marrom, resultando na diminuição da eritropoeisi” (CETESB, 2001, p.186).

Casos de exposição crônica aos diversos isômeros do HCH, por meio da via de ingestão, envolvendo trabalhadores da indústria de pesticidas ou também populações vivendo nas proximidades de áreas contaminadas, resultaram em efeitos neurotóxicos. Em diversos reportes de casos de exposição aguda foram relatadas hiper-excitabilidade, convulsões, e até a morte em alguns casos (ATSDR, 2005a).

Casos de ingestão acidental ou intencional de sais solúveis de bário resultaram em gastroenterite, hipertensão aguda, arritmia cardíaca, paralisia muscular e em casos extremos, morte. Também há reportes de falha renal aguda em outros casos de exposição aguda a compostos com bário em sua composição. A inalação de sulfato de bário ou de barita pode resultar em “baritose pulmonar”, que é considerada uma pneumoconiose benigna (USEPA, 2005). Aumento de distúrbios respiratórios, gastrointestinais e problemas com pele foram diagnosticados em trabalhadores e residentes nas proximidades de um aterro contendo bário (CETESB, 2001).

Informações toxicológicas relacionadas ao cádmio devem necessariamente considerar as vias de exposição (oral, inalação e dermal) assim como seus distintos efeitos sobre a saúde humana, quais sejam, morte, sistêmicos (respiratório, cardiovasculares, gastrintestinais, hematológicos, renais, hepáticos, etc) imunológicos, neurológicos, reprodutivos, desenvolvimento, genotóxicos e também efeitos carcinogênicos (ATSDR, 1999).

“Exposição aguda por inalação de óxido de cádmio resulta em pneumotites agudas com edema pulmonar, podendo ser letal, e por ingestão de sais de cádmio solúvel causa gastroenterites agudas. Também pode provocar náuseas, vômitos, salivação e caimbra. Casos severos podem mostrar injúrias no fígado, convulsões, choques, problemas renais e depressões cardiopulmonares podendo levar a morte. O efeito crônico geralmente ocorre no rim em decorrência do acúmulo de cádmio neste órgão. O sintoma mais comum é “proteinúria”. Também são reportados, disfunções renais e danos no rim. Exposição crônica ocupacional tem causado severos efeitos predominantemente em pulmões e rins. Dados de estudos com trabalhadores mostram que há uma relação entre os níveis de exposição, duração e a prevalência de efeitos renais” (CETESB, 2001, p.190).

Os efeitos toxicológicos relacionados ao níquel devem considerar os diferentes compostos de acordo com as respectivas solubilidades na água. Por exemplo, compostos mais solúveis, cloreto de níquel, sulfato de níquel e nitrato de níquel, e compostos menos solúveis, como óxido de níquel.



Tanto os compostos mais solúveis como os menos solúveis são muito importantes em todas as vias de exposição, quais seja, ingestão, inalação e contato dermal (ATSDR, 2005b). Entretanto, os compostos solúveis são considerados mais tóxicos, enquanto que os compostos menos solúveis aparentemente apresentam maior possibilidade de carcinogenicidade.

“A inalação é uma via importante de exposição ao níquel e seus sais em relação a riscos à saúde humana. A via gastrointestinal é de menor importância. O níquel está normalmente presente em tecidos humanos e sob condições de alta exposição, esses níveis podem crescer significativamente. A ocorrência de toxicidade aguda é rara. Exposição crônica pode provocar irritação de pele e olhos. Dermatites são um resultado comum à sua exposição, principalmente para mulheres. Rinite, sinusite, perfurações no septo nasal e asma têm sido reportados em exposição ocupacional de trabalhadores de refinaria e siderúrgicas” (CETESB, 2001, p.195).

Dados relacionados à exposição humana ao pó de níquel, revelaram tumores nasais e pulmonares em diversos estudos epidemiológicos em diferentes países. Estudos em ratos também revelaram a carcinomas causados pela inalação ou injeção de pó de níquel (USEPA, 2007).

## **7.7. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO**

O risco foi calculado para cada composto de interesse, para diferentes vias de exposição e para diferentes populações, para a obtenção do risco total.

O risco foi calculado a partir das seguintes equações:

### Risco para Exposição a Compostos não carcinogênicos

$$Q = I_n / RfD$$

Onde:

Q = quociente de risco ou perigo

I = dose de ingresso para o cenário de exposição “n” (mg/kg-dia);

RfD = dose de referência ou dose diária tolerável (mg/kg-dia)

Não foram considerados riscos distintos em função de efeitos adversos de ação tóxica de cada composto químico para diferentes órgãos dos seres humanos, por exemplo, efeitos renais, efeitos pulmonares, cardiovasculares, etc.

O valor encontrado refere-se à somatória do risco incluindo todas as vias de exposição consideradas. Após efetuar o cálculo para cada composto foi realizada também a somatória do risco para os diferentes compostos não carcinogênicos. O quociente de risco cumulativo deve ser igual ou menor do que 1 (Q = 1).

No atual cenário residencial do Jardim Keralux, o potencial de risco de não carcinogênico é abaixo do nível aceitável, considerando as vias de exposição apresentadas anteriormente. Foram efetuados cálculos considerando a população

de adultos e crianças moradores da área assim como eventuais trabalhadores de obras na área.

Considerando as populações apresentadas e as vias de exposição consideradas, temos os seguintes resultados:

Tabela 13 – resultados de risco para compostos não carcinogênicos para adultos e crianças em cada via

População/ Via	Ingestão de solo	Contato dermal com solo	Inalação de ar interno	Inalação de ar externo
Adultos	3,2E-03	6,0E-05	1,7E-08	1,4E-08
Crianças	8,2E-02	3,4E-04	9,0E-08	4,0E-08

Tabela 14 – resultados de risco total não carcinogênico para adultos e crianças

População	Risco Total (não carcinogênico)	Valor de referência	Resultado
Adultos	3,2E-03	1	Risco abaixo do nível aceitável
Crianças	8,3E-02	1	Risco abaixo do nível aceitável

Para eventuais trabalhadores de obras (como por exemplo, funcionários da SABESP) foi calculado o risco não carcinogênico através do contato dermal com água subterrânea contaminada.

O resultado obtido é apresentado a seguir:

Tabela 15 – resultados de risco total não carcinogênico para trabalhadores

População	Risco Total Calculado (não carcinogênico)	Valor de referência	Resultado
Trabalhadores	3,6E-01	1	Risco abaixo do nível aceitável

#### Risco para Exposição a Compostos Carcinogênicos

$$\text{Risco} = I_n \times SF$$

Onde:

Risco = risco carcinogênico

I = dose de ingresso para o cenário de exposição “n” (mg/kg-dia);

SF = fator de carcinogenicidade (1/ mg/kg-dia)

O mesmo critério adotado para os compostos não carcinogênicos deve ser adotado para os compostos carcinogênicos, sendo assim, o risco deve referir-se à somatória das diferentes vias de exposição, compostos químicos e meio (solo, água subterrânea, quando aplicáveis). Da mesma forma, não foram considerados riscos individualizado em função de efeitos adversos de cada composto químico para diferentes órgãos dos seres humanos, que poderiam eventualmente causar câncer do pulmão, câncer no fígado, etc.

O risco máximo aceitável utilizado neste trabalho é de  $1,0 \times 10^{-5}$ , conforme definido pela CETESB (CETESB, 2001). Esse número significa que está sendo considerado como valor orientador, a probabilidade de que 1 (um) indivíduo no universo de 100.000 (cem mil) indivíduos venha a desenvolver algum tipo de câncer ao longo de sua vida.

No atual cenário residencial do Jd. Keralux, não há risco carcinogênico, considerando as vias de exposição apresentadas anteriormente. Foram realizados cálculos considerando a população de adultos e crianças moradores da área.

Considerando as populações apresentadas e as vias consideradas, temos os seguintes resultados:

Tabela 16 – resultados de risco carcinogênico para adultos e crianças em cada via no cenário ATUAL

<b>População/ Via</b>	<b>Ingestão de solo</b>	<b>Contato dermal com solo</b>	<b>Inalação de ar interno</b>	<b>Inalação de ar externo</b>
Adultos	NC	NC	3,8E-12	2,5E-12
Crianças	NC	NC	1,3E-11	4,6E-12

NC: não calculado

Tabela 17 – resultados de risco carcinogênico para adultos e crianças no cenário ATUAL

<b>População</b>	<b>Risco Total Calculado (carcinogênico)</b>	<b>Valor de referência</b>	<b>Resultado</b>
Adultos	6,3E-12	1,0E-05	Risco abaixo do nível aceitável
Crianças	1,8E-11	1,0E-05	Risco abaixo do nível aceitável

Para trabalhadores de obras, foi calculado o risco carcinogênico através do contato dermal com água subterrânea. O resultado é apresentado a seguir:

Tabela 18 – resultados de risco total carcinogênico para trabalhadores de obras

<b>População</b>	<b>Risco Total Calculado (não carcinogênico)</b>	<b>Valor de referência</b>	<b>Resultado</b>
Trabalhadores	3,6E-06	1,0E-05	Risco abaixo do nível aceitável

Os resultados de saída do programa *RISC*, individualizados para vias de exposição, populações e contaminantes estão apresentados no Anexo III.

### 7.7.1. Cenários Futuros

Como cenário futuro hipotético foi considerada, de forma conservadora, a ingestão de água subterrânea a partir da exploração do aquífero livre.

Neste cenário, as populações potencialmente afetadas seriam de adultos e crianças moradores do Jardim Keralux. Os resultados são apresentados a seguir, para cada população, respectivamente para risco total não carcinogênico e risco total carcinogênico, em um cenário futuro.

Tabela 19 – resultados de risco total não carcinogênico e carcinogênico para adultos e crianças no cenário FUTURO

<b>População</b>	<b>Risco Total (não carcinogênico)</b>	<b>Valor de referência</b>	<b>Resultado</b>
Adultos	1,2E+02	1	Há Risco
Crianças	4,9E+02	1	Há Risco
<b>População</b>	<b>Risco Total (carcinogênico)</b>	<b>Valor de referência</b>	<b>Resultado</b>
Adultos	2,3E-05	1,0E-05	Há Risco de Câncer
Crianças	6,2E-05	1,0E-05	Há Risco de Câncer

### 7.7.2. Definição dos valores de remediação

Os valores de remediação não foram calculados neste estudo, pois as somatórias de quocientes de risco, considerando os cenários atuais e as populações já apresentadas anteriormente, não ultrapassam o valor máximo de quociente de risco cumulativo ( $Q = 1$ ) e tampouco ultrapassam o valor limite para risco de câncer ( $1,0 \times 10^{-5}$ ).

## 7.8.DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir da análise dos dados obtidos nos estudos realizados, admite-se que não há risco atual no cenário residencial do Jd. Keralux, considerando as vias de exposição apresentadas e as populações receptoras no cenário atual. Entretanto devem ser considerados relevantes os riscos não carcinogênicos e carcinogênicos em um cenário hipotético futuro onde a água subterrânea do aquífero livre seria ingerida.

Nesta hipótese, os riscos não carcinogênicos seriam causados tanto nas crianças como nos adultos, considerando a somatória dos efeitos adversos causados pelos contaminantes.

A tabela a seguir apresenta os valores de risco calculados individualmente para cada contaminante:

Tabela 20 – resultados de risco não carcinogênico, individualizados para cada contaminante, para adultos e crianças no cenário FUTURO

Contaminante	Risco não carcinogênico para ingestão de água subterrânea	
	Crianças	Adultos
Beta-HCH	2,2E-01	5,6E-02
Alfa-HCH	1,7E-01	4,2E-02
Gama-HCH (lindano)	1,5E-01	3,7E-02
Bário	8,9E-01	2,2E-01
Cádmio	4,9E+02	1,2E+02
Níquel	1,3E+00	3,2E-01
<b>TOTAL</b>	<b>4,9E+02</b>	<b>1,2E+02</b>

Na hipótese de ingestão de água subterrânea, observa-se que as crianças, apesar do menor tempo de exposição, estão sujeitas a um risco cerca de quatro vezes maior do que os adultos, pois a variável massa corpórea é um fator bastante importante neste caso.

A somatória apenas dos isômeros de HCH não seria suficiente para gerar risco não carcinogênico nem para adultos nem para crianças. O bário, isoladamente, seria causador de um risco muito próximo ao limite aceitável, enquanto que o níquel, também isoladamente, poderia causar risco pouco acima do limite aceitável.

O cádmio, isoladamente, é o principal contaminante gerador do risco calculado, causando praticamente 100% do risco. Em um eventual processo de remediação o cádmio seria o principal contaminante a ser removido da água subterrânea.

Em relação aos riscos carcinogênicos, a tabela a seguir apresenta os riscos calculados para os isômeros alfa, beta e gama do HCH, pois não foram obtidos dados toxicológicos referentes aos respectivos *slope factors* para a via oral dos contaminantes cádmio e níquel.

Tabela 21 – resultados de risco carcinogênico, individualizados para cada contaminante, para adultos e crianças no cenário FUTURO

Contaminante	Risco carcinogênico para ingestão de água subterrânea	
	Crianças	Adultos
Beta-HCH	7,6E-06	2,8E-06
Alfa-HCH	4,9E-05	1,8E-05
Gama-HCH (lindano)	5,5E-06	2,0E-06
<b>TOTAL</b>	<b>6,2E-05</b>	<b>2,3E-05</b>

O isômero gama-HCH é o principal agente causador do risco carcinogênico, entretanto, a somatória dos riscos causados pelos isômeros beta-HCH e gama-HCH também é suficiente para gerar risco carcinogênico superior ao aceitável.

Seguramente os valores de *slope factor* (fator de carcinogenicidade) e de dose de referência, atribuídos ao isômero alfa-HCH, em conjunto com a concentração máxima utilizada no cálculo são os fatores responsáveis por torná-lo o principal contaminante a ser remediado na área, no sentido de resguardar a população dos riscos de câncer. Entretanto, em função dos resultados obtidos, os isômeros beta-HCH e gama-HCH também devem ser considerados como importantes contaminantes em um eventual processo de remediação.

## 7.9. GERENCIAMENTO DOS RISCOS

Os resultados da avaliação de risco à saúde humana apontaram que não há riscos às populações consideradas no estudo, no cenário atual. Entretanto, devem ser considerados os resultados obtidos em um cenário de consumo da água subterrânea, pois foram calculados riscos não carcinogênicos e riscos carcinogênicos. Dessa forma, a avaliação de risco deveria ter como consequência, a tomada de ações objetivando o gerenciamento do risco à saúde humana na área avaliada, e de forma conservadora, abrangendo também as áreas adjacentes.

Como escopo do trabalho, foi elaborado um plano de comunicação para a população do Jardim Keralux. Este plano foi apresentado em duas etapas distintas. A primeira etapa antes do início do projeto, abordava alguns aspectos técnicos dos trabalhos que seriam realizados e da importância dos mesmos. A comunicação foi estabelecida por meio de uma reunião aberta a toda a comunidade, em março de 2004, onde foram distribuídos *folders* explicativos, em linguagem simples e direta, bastante ilustrado, no formato de perguntas e respostas. Um exemplar do primeiro folder pode ser observado a seguir:

### Perguntas e respostas

**Como eu posso saber se um local está contaminado?**

O principal sinal de que o local apresenta a presença do produto químico é um cheiro forte que lembra inseticida. Se, ao fazer um buraco, mexer com a terra, ou mesmo durante uma escavação para arrumar um encanamento você encontrar esse sinal, entre em contato rapidamente com a Subprefeitura de Ermelino Matarazzo ou com o funcionário da Waterloo responsável pelos trabalhos.

**O que vai ser feito no local?**

Algumas atividades dependem de estruturas que vão ficar por um tempo no local. Vamos perfurar e pegar a terra para identificar os resíduos, além de colocar poços de monitoramento. Serão utilizados dois equipamentos grandes para fazer perfurações e a instalação dos poços. Depois que essa etapa estiver pronta, alguns poços de monitoramento vão ficar no local, parecem uns "tubos amarelos", com mais ou menos 30 centímetros de altura acima do nível do chão. Esses tubos servirão para coleta de água subterrânea no futuro. Se forem destruídos, grande parte do processo precisará ser refeita, atrasando o fim do trabalho.

**E o que fazer para resolver essa questão?**

Estamos fazendo uma análise histórica de fotos aéreas para entender o que havia antes no lugar das casas e ruas e saber o tamanho do problema. Queremos saber se há produto-químico em algum local e identificar que tipo de material é esse. Para isso, vamos instalar poços de monitoramento para coleta de amostras de água subterrânea. Depois disso, faremos um estudo para determinar os riscos para a sua saúde. E com base nesse estudo é que decidiremos as providências a serem tomadas.

### Dicas importantes

- 1** Comunique aos responsáveis os lugares que você suspeita que tenham problemas, como cheiro de inseticida.
- 2** Não toque no material com produto químico e lave as mãos com sabão e água corrente imediatamente.
- 3** Alguém pode se machucar se entrar na área cercada, por isso informe as crianças sobre os riscos e avise-as para não entrarem no local.
- 4** Respeite as instruções do responsável da Waterloo pelos trabalhos de campo, assim como a área de isolamento, que estará marcada com fita zebra e cones. Dessa forma, poderá acompanhar todo o trabalho em segurança.

**CONTATO**  
Em caso de dúvida ou solicitação, contate:  
Subprefeitura de Ermelino Matarazzo, ou o funcionário da Waterloo responsável pelos trabalhos de campo.



Desenvolvido por Oka UP Comunicação - consultoria  
Edução Maria Clara Lopes - Boticaria e Organização Gábor Lopes

# Analisando o solo do Jardim Keralux

## Perguntas e respostas

FIGURA 8 – folder da primeira etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (frente)

### Introdução

Em 1997, durante obras para instalação de rede de água, foram descobertos resíduos enterrados na região do Jardim Keralux. Esses resíduos foram identificados e removidos sob a supervisão do DECONT – Departamento de Controle da Qualidade Ambiental da Prefeitura do Município de São Paulo. Para ter ideia se o problema ainda existe e determinar o que vai ser feito, a Prefeitura do Município de São Paulo - PMSP e a Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo - COHAB-SP contrataram a Waterloo Brasil para fazer análises de solo e água subterrânea. Neste folheto, damos explicações básicas sobre o que vai acontecer nos próximos meses no Jardim Keralux e como você pode participar.

### Problemas Ambientais

Durante as escavações feitas para montar a rede de água, foram descobertos e removidos restos de pesticida, que têm como principal componente o HCH – hexaclorociclohexano, um composto químico que pode ser tóxico. O contato de solo ou água com grandes concentrações desse produto pode ser perigoso para a sua saúde e a de seus vizinhos.

### Atenção!

Reunião para Esclarecimentos à Comunidade  
Sábado, 6 de março, às 15h, na Escola Estadual Irmã Annete Marlene Fernandes de Melo.  
Participe! Sua presença é muito importante!

### Como o resíduo pode entrar no seu organismo



Água contaminada



Terra contaminada



Alimentos contaminados

Uma das formas de contaminação é o contato do material com a pele, que pode acontecer quando você mexe com terra ou água contaminadas. Crianças também correm o risco de ingerir o produto químico se colocarem a mão suja na boca.

Comer verduras e frutas plantadas em terra com o produto químico pode levar esse produto para o seu corpo. Beber água sem tratamento e comer carne de animais que tiveram contato com esse material também oferecem risco à saúde.

### Poço de monitoramento

- 1** O trabalho de escavação e coleta de amostras de terra e água serve para determinar se ainda há algum produto químico no solo.
- 2** Os poços de monitoramento são muito importantes para acompanhar a contaminação no futuro. Se algo acontecer com eles, todo mundo perde. Preveja-os.



### Como o resíduo se espalha

Depois de ser enterrado, o produto químico se espalha por todo o ambiente. Ele contamina a água dos poços, os rios e os peixes, as plantas que crescem no local, os animais que bebem e comem por lá.



FIGURA 9 – folder da primeira etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (verso)

Na segunda etapa do plano de comunicação, ao fim dos trabalhos, foi elaborado um novo *folder*, distribuído em setembro de 2004, em uma outra reunião aberta à população. Nesta etapa, foram apresentadas as conclusões dos trabalhos executados, ressaltando a existência de contaminação na água subterrânea. Como forma de gerenciar o risco existente, foi fortemente recomendado que a água subterrânea não seja consumida na área. Adicionalmente, foi recomendado que a água consumida seja fornecida pela SABESP.

O *folder* também deixou claro que os resultados dos trabalhos executados deveriam ser avaliados pela CETESB, que é o órgão responsável pelo controle da qualidade ambiental no estado de São Paulo. Posteriormente à avaliação da CETESB, outras ações poderiam ser tomadas no futuro.

Tanto na primeira, como na segunda reunião, os *folders* não distribuídos foram entregues a COHAB, que os repassou a lideranças comunitárias do bairro, para posterior distribuição.

Os dois *folders* distribuídos podem ser visualizados também no Anexo IV.

Um exemplar do segundo folder pode ser observado a seguir:

**O que descobrimos**

Depois de muita pesquisa, tivemos **BOAS NOTÍCIAS**.

- Não há riscos iminentes à saúde dos moradores e visitantes do Jardim Keralux, caso aconteça uma eventual ingestão acidental do solo ou o seu contato com a pele;
- Nosso levantamento não detectou nenhum resíduo semelhante ao descoberto em 1997 na região estudada. Isso significa que o pesticida foi removido adequadamente nos trabalhos realizados naquela época;

Mas **ALGUNS CUIDADOS DEVEM SER TOMADOS**.

- Existe água subterrânea contaminada. Ou seja, **A ÁGUA DE POÇOS NÃO DEVE SER CONSUMIDA**, pois pode provocar problemas de saúde.

**Consuma apenas água canalizada, tratada pela Sabesp.**

**E agora?**

Você pode ficar tranquilo. As crianças podem brincar pelas ruas sem risco de contaminação e os moradores não precisam se perguntar se o solo está ruim.

Com relação à água, outras ações serão tomadas no futuro para decidir o que deve ser feito. Enquanto aguarda os próximos episódios:

**ATENÇÃO!**

**NÃO BEBA água de poço!**

Com isso, sua saúde e a de sua família não serão postas em risco por causa do HCH (hexaclorociclohexano)

**Analisando o solo do Jardim Keralux**

**CONCLUSÕES**

COHAB-SP | SÃO PAULO | WATERLOO BRASIL

Desenvolvido por CHC-SP Comunicação • 011-5088-4494 • www.chcsp.com.br  
 Redação: Maria Clara Lopes • Ilustração e Diagramação: Daniel Lopes

FIGURA 10 – folder da segunda etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (frente)



### Introdução

Durante os últimos meses, a Waterloo Brasil desenvolveu um trabalho de análise do solo e da água subterrânea na região do Jd. Keralux a pedido da Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP e da Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo – COHAB-SP.

O motivo dessa pesquisa foi a descoberta de resíduos não-identificados no solo, durante a instalação da rede de água em 1997. Nessa época, o material – um tipo de pesticida com HCH (Hexaclorociclohexano), que pode ser tóxico – foi removido do terreno com a supervisão do DECONT – Departamento de Controle da Qualidade Ambiental da PMSP, mas faltava verificar se ainda tinha alguma sobra.

Para descobrir isso, trabalhamos por quatro meses na região. Retiramos amostras de terra e água e fizemos análises, exatamente para verificar se havia riscos para a sua saúde, a de seus familiares e de amigos. Os resultados podem ser conferidos a seguir.

**Tome nota!**

Reunião para apresentação das conclusões deste trabalho

**11/09/2004 - sábado**

Às 14h, na Unidade Básica de Saúde – UBS Jd. Keralux, à R. Lucas Gonçalves, 13.

### O que foi feito

Boa parte do nosso trabalho foi feita nas ruas do Jd. Keralux. Você deve ter visto uma movimentação de máquinas e pessoas fazendo alguns buracos na região nos últimos meses. Pois era justamente a equipe de campo da Waterloo pondo em prática a parte externa da pesquisa.

Primeiro, elaboramos estudos aerofotogramétricos (um tipo de análise de fotos aéreas de vários anos diferentes) para determinar o que aconteceu na região ao longo dos anos.

Os estudos iniciais das fotos mostraram que algumas áreas poderiam estar contaminadas. Nesses locais, montamos uma operação para coleta de amostras de terra e água, feita da seguinte forma:

**1**

■ Fizemos sondagens para coleta de amostras de solo, identificação e delimitação de resíduos;



**2**

■ Instalamos poços de monitoramento, que não serão retirados. Com eles serão usados no futuro em novos testes de qualidade da água, é muito importante para todos os moradores que eles sejam protegidos. É responsabilidade de toda a população do Jd. Keralux.



**4**

■ Executamos ensaios de permeabilidade, para saber a capacidade do solo de permitir a passagem da água;



**5**

■ Fizemos o levantamento do uso de água subterrânea nas redondezas do Jd. Keralux;

■ Coletamos amostras de solo e água subterrânea;

O material obtido seguiu para análise em laboratório para sabermos se havia ou não contaminantes. Depois disso, o trabalho continuou no escritório. Com base nas amostras, iniciamos uma investigação detalhada, além de produzirmos o relatório técnico com a avaliação de possíveis riscos para a saúde humana.

FIGURA 11 – folder da segunda etapa do plano de comunicação para o Jardim Keralux (verso)

O plano de comunicação teve como principal objetivo apresentar à população, da forma mais direta possível, os resultados dos trabalhos, orientando a população sobre as ações necessárias para resguardar a saúde. Estas ações necessariamente implicam na restrição de uso da água subterrânea, em função dos resultados obtidos na avaliação de risco.

Posteriormente, a COHAB também solicitou a participação da UBS Jardim Keralux e de agentes da Vigilância Sanitária local no processo de gerenciamento dos riscos. Agentes de saúde do município de São Paulo realizaram um levantamento detalhado nas residências da área de estudo em novembro de 2005 e constataram a existência de uma “mina d’água” e de um poço na área. Em comunicação datada de dezembro de 2005, a SEHAB / RESOLO foi formalmente comunicada que, “a água da mina continua sendo utilizada na rega de uma plantação de hortaliças apesar das orientações e visitas técnicas periódicas nesses dois pontos” (PMSP, 2005).

Observa-se que, mais de um ano após o término dos trabalhos de avaliação de risco, a via de exposição potencialmente causadora de riscos não foi restringida, apesar do plano de comunicação e dos esforços dos agentes de saúde. Portanto, deveria ser reavaliada a competência legal de todos os órgãos envolvidos e também dos órgãos ainda não formalmente envolvidos, para identificar as formas e ações efetivas de orientação e restrição de uso da água subterrânea, eliminando imediatamente essa via de exposição às populações receptoras.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### Conclusões relacionadas à investigação ambiental:

- Os trabalhos executados indicaram que os resíduos foram efetivamente removidos pela CETESB em 1997.
- Há contaminação pontual no solo para bário e contaminação por alumínio, bário, cádmio, manganês, níquel e HCH na água subterrânea.

### Conclusões relacionadas à avaliação de risco:

- Apesar dos resultados apontarem a não existência de riscos de riscos nos cenários atuais, há riscos em um cenário futuro hipotético, considerando a ingestão de água subterrânea.
- O principal contaminante causador dos riscos não carcinogênicos é o cádmio, e os principais contaminantes causadores dos riscos carcinogênicos são os isômeros alfa-HCH, beta-HCH e gama-HCH.
- Neste caso, deveria haver uma atuação imediata dos órgãos públicos no sentido de impedir formalmente qualquer possibilidade de consumo de água subterrânea.

### Conclusões relacionadas ao gerenciamento do risco:

- A população residente no Jardim Keralux foi informada de todos os passos do processo por meio de um plano de comunicação. Foi ressaltado, em linguagem clara e direta, que existe contaminação na água subterrânea. Também foram feitas recomendações para se eliminar completamente o consumo da água subterrânea.
- Cerca de um ano após a comunicação formal sobre os riscos na área, agentes de saúde constataram que havia consumo de água subterrânea na área. Apesar dos esforços dos agentes de saúde para que o consumo fosse interrompido, a água subterrânea continuava sendo utilizada para irrigar pequenas hortas de subsistência.

Este trabalho conclui, portanto, que é fundamental o estabelecimento formal das competências legais dos órgãos envolvidos, no sentido de se identificar todas as vias de exposição potenciais e também de se estabelecer ações de restrição das vias geradoras de riscos.

Neste estudo de caso em particular, teria sido importante que órgãos com competência legal tivessem participado do processo de identificação das vias potenciais de exposição.

Também seria recomendável definir, imediatamente após a conclusão dos trabalhos, os órgãos públicos com competência técnica e legal para agir de forma emergencial restringindo as vias de exposição relacionadas à água subterrânea.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological Profile for alpha, beta, gamma and delta-hexachlorocyclohexane**. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Services. Atlanta, Georgia. ATSDR, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Toxicological Profile for nickel**. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Services. Atlanta, Georgia. ATSDR, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Toxicological Profile for Cadmium**. Public Health Services. US Department of Health and Human Services. Atlanta, Georgia. ATSDR, 1999.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS STANDARDS. **Method E2081-00. Standard Guide for Risk-Based Corrective Action**. Annual Book of American Society of Testing and Materials Standards. Philadelphia, Pennsylvania. ASTM, 2000.

\_\_\_\_\_. **Method E1739-95. Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites**. Annual Book of American Society of Testing and Materials Standards. Philadelphia, Pennsylvania. ASTM, 1995.

BERNARDES Jr, C. **Análise de risco de longo prazo, em casos de contaminação de águas subterrâneas como instrumento de gerenciamento de remediação**. São Paulo, SP. 1995. 192 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1995.

BURNMASTER, D.E.; LEHR, J.H. **It's Time to Make Risk Assessment a Science**. Editorial. Groundwater Monitoring and Remediation. Summer, 1991.

CAPELETI, A.R.; LEMOS, M.M.G.; DIAS, C.L.; CASARINI, D.C.P. **Quantificação das variáveis para cálculo da exposição populacional utilizando o modelo de avaliação de risco C-Soil para gerenciamento de qualidade de solos e águas subterrâneas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 10, São Paulo, SP, set.1998. Anais... ABAS: São Paulo, 1998.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.– **Decisão de Diretoria Nº 195-2005- E, de 23 de Novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências**. CETESB, 2005a. 4p.

\_\_\_\_\_. **Avaliação de Risco à Saúde Humana**. In: **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. Projeto CETESB-GTZ. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha. CETESB, 2005b. Capítulo 9.

\_\_\_\_\_. **Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. Decisão de Diretoria. São Paulo. CETESB, 2001a. 5p.

\_\_\_\_\_. **Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo. CETESB, 2001b. 232p.

\_\_\_\_\_. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. Projeto CETESB-GTZ. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha. 1ª edição. São Paulo: CETESB, 1999. 385 p.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo.** São Paulo. CETESB, 1998. 106p.

\_\_\_\_\_. **Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo.** São Paulo. CETESB, 1997a. 48 p.

\_\_\_\_\_. **Estabelecimento de padrões de referência de qualidade e valores de intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** Relatório Parcial. São Paulo. CETESB, 1997b. 110p.

\_\_\_\_\_. **Compilação de padrões ambientais.** São Paulo. CETESB, 1990. 6p.

CLEARY, R.W. Hidrologia das Águas Subterrâneas. *In: Engenharia Hidrológica. Coleção ABRH de Recursos Hídricos.* V: 2. São Paulo, 1989. pp 293-404, 1989

CUNHA, R.C.A. **Análise de risco em áreas contaminadas por fontes industriais desativadas: estudo de caso.** São Paulo, SP. 1997. 152p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1997.

FINOTTI, A.R. **Estudo da aplicabilidade do modelo da ação corretiva baseada no risco (RBCA) em contaminações subterrâneas com gasolina e etanol.** Florianópolis, SC, 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.

INTERNATIONAL HCH & PESTICIDES ASSOCIATION. **The Legacy of Lindane HCH Isomer Production - Main Report: A Global Overview of Residue Management, Formulation and Disposal.** [S.l.].IHPA, 2006. 26p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo – Escala 1:500.000. Volume I.** Divisão de Minas e Geologia Aplicada. IPT, 1881. 126p.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Memorando.** Secretaria Municipal de Habitação – SEHAB – Departamento de Regularização do Parcelamento do Solo – RESOLO. 2005. 1p. [S.l.:s.n.].

MAXIMIANO, A.M.S. **Determinação de Níveis Aceitáveis no Ambiente para Hidrocarbonetos utilizando o procedimento de ações corretivas baseadas no risco (RBCA). Aplicação para a cidade de São Paulo.** São Paulo, SP, Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. 2001.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM. **Eastern and Western South America Regional Report, Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances.** UNEP, 2005. Disponível em: <[www.chem.unep.ch/pts/](http://www.chem.unep.ch/pts/)>. Acesso em maio/2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Toxicological Review of Barium and Compounds (CAS No. 7440-39-3) In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS) March 1998. Minor revisions January 1999. Reference dose revised June 2005.** Publication EPA/635/R-05/001. Washington, D.C. USEPA, 2005. Disponível em: <<http://www.epa.gov/iris/>>. Acesso em maio/2007.

\_\_\_\_\_. **Region IX PRG (Preliminary Remediation Goals) Table.** San Francisco, CA. USEPA, 2004. 15p.

\_\_\_\_\_. **Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual, Part A. EPA/600/1-89/002. Office of Emergency and Remedial Response.** Washington, D.C. USEPA, 1989.

\_\_\_\_\_. **Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual, (Part B, Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals). Publication 9285.7-01B.** Office of Emergency and Remedial Response. Washington, D.C. USEPA, 1991.

\_\_\_\_\_. **Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I: Human Health Evaluation Manual, (Part C, Risk Evaluation of Remedial Alternatives). Publication 9285.7-01C.** Office of Emergency and Remedial Response. Washington, D.C. USEPA, 1991.

\_\_\_\_\_. **Role of the Baseline Risk Assessment in Superfund Remedy Selection Decisions. OSWER Directive 9355.0-30.** April. Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D.C. USEPA, 1991.

\_\_\_\_\_. **Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. EPA/630/R-00/004.** Federal Register 51(185):33992-34003. Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D.C. USEPA, 1986.

WATERLOO BRASIL LTDA. **Relatório P-254/760 REV00 – COHAB – JD. KERALUX - SP. Investigação Ambiental – Relatório Final** – Junho de 2004. WBr, 2004.