

VALORES ORIENTADORES DE INTERVENÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Claudio Luiz Dias¹; Mara Magalhães Gaeta Lemos²; Dorothy Carmen Pinatti Casarini³; Marcia Sayuri Ohba¹; Maria Thereza de Oliveira Filha¹

Resumo O valor de intervenção é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico, indicando a necessidade de ações para resguardar os receptores de risco. A área será classificada como contaminada sob investigação, quando houver constatação da presença de uma ou mais substâncias no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos Valores de Intervenção. Cabe ao responsável pela área executar uma investigação detalhada cujo objetivo principal é quantificar a contaminação, isto é, determinar as dimensões das áreas ou volumes afetados, os tipos de substâncias presentes, suas concentrações e taxa de propagação. Estas informações subsidiarão a execução de uma avaliação de risco, que determinará a necessidade de remediação em função do uso atual ou proposto da área. Há ainda a possibilidade, para algumas substâncias, como os metais, do responsável demonstrar ao Órgão Ambiental que a ocorrência é natural, não caracterizando uma contaminação antropogênica. Este trabalho apresenta os valores orientadores para solo e água subterrânea estabelecidos em 2005 pela CETESB, descreve como foram derivados os valores de intervenção e como esses valores devem ser utilizados no gerenciamento de áreas contaminadas.

Abstract - The Intervention Value is the concentration of a given substance in the soil or in the groundwater above which potential risks may occur, direct or indirectly to human health. These values are based on generic scenarios of exposition and indicate that actions must be taken to protect receptors. Concentrations of substances above the Intervention Values can classify an area as contaminated under investigation. The owner or the responsible for such area must conduct a detailed investigation, which the main purpose is to determine the extension of the affected area or volume, types of substance, their concentrations and rate of propagation. These information will help the conduction of a risk assessment, which will determine the need of remediation according to the present or future land use. There is also the possibility for the responsible for the area in investigation, to demonstrate to the Environmental Agency that some of the substances, such as metals, have a natural occurrence, indicating that it is not an anthropogenic action. The present paper describes how the Intervention Values were derived, shows the guide values for soil and groundwater established by Cetesb in 2005, and how they can be applied in the management of contaminated areas.

Palavras Chaves: Valor de Intervenção; Solo e Água Subterrânea; Área Contaminada

¹ Setor de Qualidade de Águas Subterrâneas. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Av. Frederico Hermann Jr, 345. Alto de Pinheiros São Paulo. CEP 05459-900. (11)3030 68 64 esss@cetesb.sp.gov.br

² Setor de Qualidade de Solo e Vegetação. CETESB esse@cetesb.sp.gov.br

³ Divisão de Qualidade de Solo, Água Subterrânea e Vegetação. CETESB ess@cetesb.sp.gov.br

1 – Introdução

Em 2001, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB publicou, no Diário Oficial do Estado, a primeira lista de valores orientadores para solo e água subterrânea para 37 substâncias. Esses valores orientadores foram estabelecidos em 3 níveis de concentração, denominados Valor de Referência de Qualidade, Valor de Alerta e Valor de Intervenção. Os valores de intervenção foram derivados para 3 cenários de exposição: Agrícola/Área de Proteção Máxima, Residencial e Industrial [1].

Atendendo ao disposto no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 26.10.2001 [2], a CETESB promoveu, após 4 anos daquela publicação, uma ampla discussão para atualização da lista de valores orientadores, recebendo sugestões da comunidade por meio de uma consulta pública disponibilizada em sua página eletrônica e por meio dos resultados de uma oficina de trabalho realizada em setembro de 2005. Assim, a nova lista de valores orientadores publicada em novembro de 2005 foi ampliada, contemplando 80 substâncias, sendo as metodologias de derivação e a forma de aplicação aprimoradas.

Conforme publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 13 de dezembro de 2005 [3], os valores orientadores são assim definidos:

- valor de referência de qualidade, indica o limite de qualidade para um solo considerado limpo ou a qualidade natural das águas subterrânea e foi estabelecido com base em análises químicas. Os valores de referência para solo continuam os mesmos de 2001, sendo estabelecido valores para a condição de qualidade do solo da Região Metropolitana de São Paulo e valores de referência para as águas subterrâneas.
- valor de prevenção, é definido como a concentração de uma determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea, sendo considerado um instrumento para o gerenciamento ambiental para disciplinar a introdução de substâncias no solo. Esse valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade da água subterrânea.
- valor de intervenção é a concentração de determinada substância no solo e na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. A área será classificada como contaminada sob investigação, quando houver constatação da presença de substâncias no solo ou na água subterrânea em concentrações acima dos valores de intervenção.

2 – Objetivos

Os objetivos deste trabalho são: descrever como foram derivados os valores de intervenção para solo e água subterrânea; apresentar os valores orientadores estabelecidos em 2005 pela CETESB e apresentar a forma de utilização dos valores de intervenção no gerenciamento de áreas contaminadas.

3 – Metodologia

3.1 – Valores orientadores de intervenção para solo

Os valores de intervenção para solo foram derivados a partir de uma metodologia de avaliação de risco à saúde humana, realizada para cenários genéricos de exposição, agrícola/área de proteção máxima, residencial e industrial, que são definidos por conjuntos de variáveis das características do meio físico, do comportamento humano e do tempo de permanência no local.

3.1.1 – Cenários de exposição

O **cenário de exposição agrícola** é aquele relacionado a cinturões verdes e áreas rurais, onde há atividade econômica de produção agro-silvo-pastoril. Nesse cenário, o trabalhador rural reside na área hipotética, permanecendo durante 24 horas por dia na área e apresentando exposição para a vida inteira. Estão incluídos nesse cenário fazendas, sítios, chácaras, áreas residenciais rurais, pesque-pague e áreas de proteção máxima, tais como áreas de proteção de mananciais, parques nacionais e estaduais, Áreas de Proteção Ambientais - APAs e Reservas Particulares de Proteção Natural - RPPNs. Nas áreas de proteção máxima não se espera intensa atividade humana, mas para a protegê-las, foram incluídas no cenário agrícola.

O **cenário de exposição residencial** é aquele relacionado à moradia e áreas residenciais em áreas urbanas. Os indivíduos passam a maior parte do dia na área, apresentando exposição para a vida inteira. A ingestão de solo, água e vegetação contaminada é menor do que no cenário agrícola. Estão incluídas nesse cenário todos os tipos de moradias, desde residências térreas, apresentando algum cultivo de vegetais, prédios e até alguns estabelecimentos comerciais, tais como clubes, escolas, creches, hospitais, clínicas de tratamento, parques e áreas verdes urbanas, conventos, igrejas, pousadas, hotéis, motéis, asilos e outros estabelecimentos comerciais em que haja a permanência de pessoas além do horário comercial.

O **cenário de exposição industrial** é aquele relacionado às áreas onde predominam atividades industriais e comerciais cuja a permanência de pessoas ocorre em horário de trabalho. Nesse cenário ocorre a presença de crianças em período restrito, como em festas e eventos especiais e existe cultivo

de alimentos para consumo no refeitório. Estão incluídos nesse cenário, empreendimentos industriais de modo geral, áreas portuárias, aeroportos, estabelecimentos comerciais tais como, postos e sistemas retalhistas de combustíveis, prédios comerciais, lojas, restaurantes, padarias, açougues, peixarias, estacionamentos, supermercados, mercearias, lavanderias e escritórios.

Para a derivação dos valores de intervenção, calcula-se para cada cenário de exposição, por meio de modelos matemáticos, a concentração de uma substância no solo (em mg/Kg de solo seco), a partir da qual a somatória das possíveis exposições, ou seja a quantidade de uma substância absorvida pelo indivíduo por diversas vias, atinge um máximo risco permitido (MRP), que é igual à dose máxima permitida ou, no caso de substâncias carcinogênicas, um risco máximo aceitável, conforme demonstra a Figura 1.

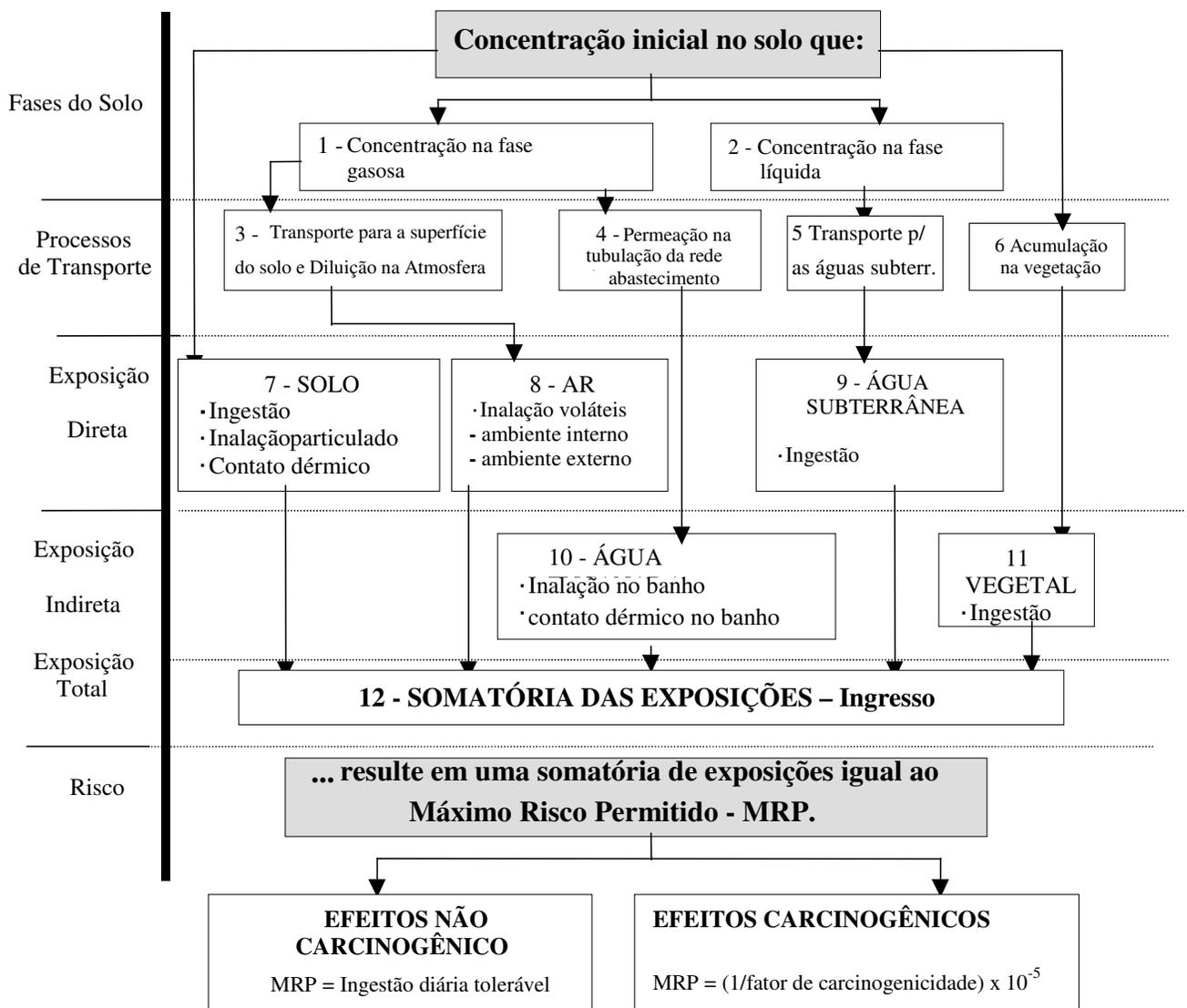


Figura 1. Esquema conceitual de modelo de avaliação de risco para derivação de valores orientadores de intervenção. Modificado de van de Berg [4]

3.1.2 – Parametrização das variáveis

Para a derivação dos valores de intervenção para solo-2005, realizou-se a revisão da parametrização das variáveis que constituem o arcabouço hipotético para a modelagem de avaliação de risco. Estas variáveis predizem o comportamento das substâncias em função de suas propriedades físico-químicas frente às condições físicas da área hipotética, o comportamento humano nos diferentes cenários de exposição e a periculosidade das substâncias em função de sua toxicidade. A CETESB publicará um relatório com a quantificação adotada para as principais variáveis, que são relacionadas no Quadro 1.

Quadro 1. Principais variáveis necessárias para a derivação de valores de intervenção com base em avaliação de risco à saúde humana

Tipo de Variáveis	Variáveis
variáveis de população, por faixa etária	peso corpóreo, consumo diário total de folhas, frutas e tubérculos provenientes da área avaliada, quantidade de partículas do solo inalada, capacidade pulmonar, superfície total de pele, taxa de deposição de poeira em ambiente interno e em ambiente externo, velocidade de absorção dérmica, ingestão diária de solo, consumo diário de água subterrânea em área da pele área descoberta em ambiente interno e em ambiente externo e tempo de exposição de adultos e crianças
Condições do Solo e climáticas	Frações de ar, água e fração sólida; densidade aparente do solo, fração de carbono orgânico, temperatura do solo, pH do solo; velocidade do vento externo
Caracterização da Área Hipoteticamente contaminada	área fonte, profundidade do nível de água do aquífero freático, espessura da franja capilar
Construções	pé direito de edificações (altura), espessura do piso de concreto, volume ocupado por ar no concreto, área construída, taxa de renovação do ar em ambiente interno, dimensões do banheiro, tipo de encanamentos, volume e temperatura de água utilizado para banho.
Variáveis de caracterização físico-química das substâncias (a pressão de vapor e a solubilidade devem ser ajustadas para uma temperatura de 25°C)	peso molecular, pressão de vapor; solubilidade em água, coeficiente de partição da substância entre solo-água (K_d), coeficiente de partição da substância entre solo-água corrigido pela fração de matéria orgânica (K_{oc}), coeficiente de partição octanol-água (K_{ow}), constante de Henry, coeficiente de permeação, coeficiente de difusão no ar e fator de bioconcentração.
Variáveis de caracterização toxicológica das substâncias	para substâncias não carcinogênicas: doses diárias máximas permitidas, podendo ser separadas por via de ingresso oral (incluindo o contato dérmico) ou por inalação; para substâncias carcinogênicas: fatores de carcinogenicidade (<i>slope factor</i>), podendo ser separados por via de ingresso oral (incluindo o contato dérmico) ou por inalação

A parametrização adotada em 2001 para essas variáveis foi revisada considerando as atualizações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE [5] bem como outras fontes nacionais e internacionais [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Os dados toxicológicos são determinados preferencialmente com base em estudos epidemiológicos humanos. Como esses dados são raros, são considerados também os estudos toxicológicos em animais e extrapolados para humanos pelo uso de fatores de incertezas. Neste trabalho, foram adotados os dados toxicológicos revisados pelo Instituto Nacional de Saúde Pública e Meio Ambiente da Holanda, descritos em [14].

Assim, para substâncias não carcinogênicas adotou-se a dose diária oral tolerável (TDI “*tolerable dayle intake*”) e a concentração tolerável no ar (TCA) enquanto que para substâncias carcinogênicas genotóxicas adotou-se o risco de câncer (CR_{oral}) ou ($CR_{\text{inalação}}$).

O TDI é definido como o ingresso total por via oral e contato dérmico, expresso na base de peso corporal (mg/Kg de peso corpóreo/dia), no qual acredita-se que uma pessoa pode estar exposta diariamente por toda a vida sem apresentar efeito adverso à saúde. Analogamente os TCAs são calculados com base em efeitos não carcinogênicos para exposição pelo ar.

Os CRs foram calculados considerando um risco máximo aceitável de ocorrência de um caso adicional de câncer em 100.000 pessoas (10^{-5}), conforme diretrizes adotadas pela CETESB.

3.1.3 – Cálculo da exposição

A exposição pode ser definida como o ingresso de substâncias no organismo, o que pode ocorrer por diferentes vias. Para a derivação dos valores de intervenção, consideram-se todas as vias de exposição possíveis para cada substância presente no solo.

Com base em uma concentração inicial no solo para cada substância, nas propriedades físicas e químicas das substâncias e nas características físicas do solo, foi calculada a distribuição das concentrações dessas substâncias nas fases sólida, líquida e gasosa do solo, assumindo-se que há um equilíbrio entre essas três fases. A partir dessa distribuição, foram calculadas as concentrações na água subterrânea, no ar, nas partículas do solo e na vegetação comestível, bem como o ingresso das substâncias presentes nestes meios no ser humano.

O ingresso de substâncias via **ingestão de água**, foi calculado em função do consumo diário de água em cada cenário de exposição e da concentração da substância na água subterrânea, calculada a partir do equilíbrio de partição solo-água, dividida por um fator de atenuação/diluição (DAF) igual a 10 (dez).

O ingresso de substâncias via **ingestão de solo** depende do consumo involuntário de solo, que ocorre em quantidade diferenciada entre crianças e adultos e entre cenários, em função do comportamento do indivíduo em cada situação.

O ingresso de substâncias via **ingestão de vegetais** depende da quantidade de vegetais (partes aéreas e tubérculos) produzida na área hipotética, consumida por crianças e adultos, e da concentração da substância avaliada nesses vegetais, que é função de fatores específicos de bioconcentração – BCF, obtidos de forma empírica ou por modelos matemáticos.

A **inalação de partículas do solo** de diâmetros menores de 10 µm refere-se a inalação de poeiras re-suspensas a partir do solo. Assume-se que 75% do total do número de partículas inaladas permanecem nos pulmões e que toda a substância presente nestas partículas é absorvida pelo organismo.

A **inalação de vapores**, está relacionada a substâncias orgânicas voláteis, sendo a exposição avaliada pela volatilização da substâncias a partir de uma concentração no solo tanto em ambiente externo, como em ambiente interno (interior de edificações, após permear o concreto do piso). Foram considerados nos cálculos os períodos durante os quais crianças e adultos estão presentes dentro e fora das edificações e as respectivas capacidades pulmonares. As taxas de volatilização são calculadas por modelos matemáticos que simulam o comportamento de cada substância. A concentração final em cada ambiente foi calculada em função das taxas de volatilização e de diluição, sendo esta última calculada em função da velocidade do vento (ambiente externo) ou da taxa de renovação do ar (ambiente interno).

Foi considerada também, para via de inalação de vapores, a volatilização de substâncias orgânicas a partir do aquecimento da água durante o banho, considerando, entre outros, o tempo de banho e de permanência no banheiro, o volume de água consumido, a temperatura da água, a capacidade pulmonar e o volume de ar no interior do banheiro.

O **contato dérmico** significa a absorção pelo ser humano de substâncias orgânicas através da pele descoberta. Em ambientes externos, a exposição pode ocorrer devido ao contato com o solo (atividades de jardinagem, por exemplo). Em ambientes internos, apenas pode ocorrer exposição devido ao contato com partículas de solo e com água durante o banho.

3.1.4 – Cálculo do Valor de Intervenção para solo

Os valores de intervenção foram derivados de modo a encontrar a concentração da substância de interesse no solo que, por diversas vias, resultasse em um ingresso no indivíduo igual ao ingresso diário tolerável, ou seja, um quociente de risco igual a 1 (um) para substâncias não carcinogênicas ou, no caso substâncias carcinogênicas, que propiciasse um risco de, no máximo, um caso adicional de câncer a cada 100.000 pessoas (10^{-5}). Deve ser destacado que para a derivação dos valores de intervenção de 2001, o risco máximo aceitável era de um caso adicional de câncer a cada 10.000 pessoas (10^{-4})

3.2 – Valores orientadores de intervenção para água subterrânea

Diferentemente do que adotado para solo, para a água subterrânea o valor de intervenção foi estabelecido para um único cenário de exposição: o consumo humano da água, considerando que o recurso hídrico subterrâneo é a alternativa de abastecimento de água para o desenvolvimento da grande maioria dos municípios do Estado e que no Estado de São Paulo, a maioria áreas classificadas como contaminadas está relacionada à contaminação das águas subterrâneas, mostrando que estão ocorrendo processos de contaminação pontuais, apesar desse meio apresentar maior proteção do que as águas superficiais.

Decidiu-se manter, como critério para o estabelecimento dos valores de intervenção para água subterrânea, as concentrações publicadas como padrões de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde [15], considerando-se que:

- o valor de intervenção é derivado com base em avaliação de risco à saúde humana; e
- os padrões de potabilidade da Portaria 518/04 do MS visam a proteção à saúde humana, e também foram estabelecidos com base em avaliação de risco, conforme metodologia da Organização Mundial da Saúde - OMS [16].

3.2.1 Substâncias constantes na Portaria 518/04 do MS

Adotou-se como valor de intervenção os padrões de potabilidade das substâncias que representam risco à saúde humana, constantes na Tabela 3 da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Definiu-se não utilizar como valor de intervenção, os padrões de aceitação de consumo, constantes na Tabela 5 daquela Portaria, pois em geral não estão relacionados à risco à saúde humana. Exceção foi feita ao alumínio, ferro e zinco.

O valor de aceitação para alumínio foi mantido por ser um elemento considerado neurotóxico, podendo ser precursor do Mal de Alzheimer, existindo estudo com população que indica risco à saúde humana por consumo de água [16].

Apesar da grande abundância de ferro nos solos do Estado de São Paulo, o valor de aceitação para o ferro na água foi mantido porque em situações de disposição inadequada de resíduos orgânicos pode haver favorecimento à redução do Fe^{+3} para Fe^{+2} , que é muito mais solúvel, sendo o ferro um indicador.

O valor de aceitação para o zinco foi mantido, devido a essa concentração já indicar um possível aporte antropogênico, pois a concentração natural nas águas subterrâneas nos aquíferos do estado de São Paulo é 1/100 desse valor [17] e além disso, pela degradação da matriz do solo dificilmente ocorrerá uma condição para que a água subterrânea alcance esta concentração.

Os padrões da Portaria 518/04 do MS foram estabelecidos, em sua maioria, com base nas concentrações que causam risco a saúde humana propostos pela Organização Mundial da Saúde [18].

3.2.2 Substâncias constantes no Guia de Qualidade da Organização Mundial da Saúde - OMS

Para manganês, molibdênio, níquel, etilbenzeno, xileno, tolueno, clorofórmio, 1,2 diclorobenzeno, 1,4 diclorobenzeno e dietilxilftalato (DEHP), que não constam da Tabela 3 da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde, decidiu-se, adotar como Valores de Intervenção para Água Subterrânea, os Valores de Qualidade de Água Potável da OMS - versão 3 [16].

Os valores derivados pela OMS [16] visam a proteção à saúde humana para um consumo de água considerando a expectativa de vida de 70 anos, incluindo diferentes sensibilidades durante os diversos estágios da vida. Têm como objetivo dar suporte ao desenvolvimento e implantação de estratégias de gerenciamento de risco, entretanto não se aplicam para usos especiais da água, como hemodiálise, limpeza de lentes oftálmicas, processos farmacêuticos e pessoas com debilidade imunológica severa, não sendo adequados para proteção da vida aquática e para algumas atividades industriais.

O Guia da OMS [16] tem o objetivo de subsidiar os governos no estabelecimento de padrões próprios, em função das condições locais. O julgamento de segurança, ou o que é um nível de risco aceitável, é afeto à sociedade como um todo. O julgamento final sobre os benefícios e custos da adoção de um valor limite deve ser decidido em cada país. Segundo esse documento, o fato de existir um limite para considerar a água como aceitável para consumo humano não significa uma recomendação para que ocorra uma degradação até este limite. Nos casos em que os valores forem excedidos, devem ser realizadas investigações detalhadas para interpretar o significado deste fato sobre a saúde humana e

para orientar as medidas de remediação, considerando as vias de exposição mais relevantes. Esta é exatamente a função do valor de intervenção adotada no Estado de São Paulo.

Para as substâncias não carcinogênicas, o valor de potabilidade é calculado com base no Ingresso Diário Tolerável - TDI, em mg/Kg de peso por dia ou com base em Concentrações Máximas de Nenhum Efeito Adverso Observável - NOAEC para humanos, em mg/L, conforme as seguintes fórmulas:

$$Valor(mg / L) = \frac{(TDI * BW * P)}{C}$$

Onde:

- BW = peso corpóreo em Kg
- P = fração do ingresso relativa à via consumo de água subterrânea
- C = consumo diário de água em L

Ou

$$Valor(mg / L) = (NOAEC_{humanos}) \times (UF)$$

Onde:

- NOAEC = Concentrações Máximas de Nenhum Efeito Adverso Observável, derivado para humanos (estudos epidemiológicos), em mg/L
- UF = Fator de Incerteza.
(A OMS utiliza, de forma geral, um fator de 10)

O TDI pode ser calculado pela seguintes fórmulas:

$$TDI = \frac{NOAEC}{UF} \quad \text{ou} \quad TDI = \frac{LOAEC}{UF}$$

onde:

- NOAEC = Concentrações Máximas de Nenhum Efeito Adverso Observável, expresso em mg/Kg peso por dia.
- LOAEC = Concentração Mínima de Efeito Adverso Observável, expresso em mg/Kg peso por dia.
- UF = Fator de Incerteza

Além do TDI, são utilizados pela OMS também o Ingresso Diário Aceitável - IDA, que é um limite utilizado para aditivos alimentares e pesticidas residuais em alimentos, e também o Ingresso Tolerável Semanal - TWI. Para este último caso, a dose diária pode ser estimada, dividindo-se o TWI por 7 (dias).

Como o consumo de água, geralmente, não é a única via de exposição para as substâncias de interesse e em muitos casos o ingresso de uma determinada substância por essa via é pequeno, em comparação com o ingresso por outras vias de exposição, tais como ingestão de alimento e inalação, os valores de potabilidade foram derivados, considerando que somente uma fração da exposição provém do consumo de água. Este procedimento assegura que o TDI não seja ultrapassado, quando consideradas as demais vias de exposição.

A OMS [16] utilizou uma fração genérica da exposição de 10%, considerada na maioria dos casos, suficiente para contemplar o ingresso de substâncias por vias adicionais na água como a inalação e absorção dérmica. Se as vias consumo de água, inalação e absorção dérmica durante o banho se mostrarem relevantes, a fração referente ao consumo de água deverá ser maior que 10% do ingresso total.

No Guia de Valores de Potabilidade da OMS [16], os valores derivados para 44 substâncias, tiveram como base de cálculo uma fração do ingresso pela via de consumo de água igual a 10%. Outras 20 substâncias tiveram o valor derivado com base em outras frações: 1% para substâncias persistentes que não são esperadas de migrar para as águas subterrâneas; 20% para Mn e CN, ou 50% para chumbo, onde o valor foi calculado com base na dose de TWI, para criança com 5 Kg de peso corpóreo e consumindo 0,75 L de água por dia.

No caso das substâncias carcinogênicas genotóxicas o valor de potabilidade foi derivado pela OMS, estimando-se um risco de câncer de 10^{-5} , ou seja, a probabilidade de ocorrência de um caso adicional de câncer para uma população de 100.000 pessoas consumindo água contendo esta substância por 70 anos. Para estas substâncias, o valor foi derivado a partir da seguinte fórmula:

$$Valor(mg / L) = \frac{BW * 10^{-5}}{UR * C}$$

onde:

- BW = Peso Corpóreo em Kg
- UR = Unidade de Risco, dado em $(mg/Kg \text{ de peso por dia})^{-1}$.
- C = Consumo diário de água em litros

No caso em que o valor calculado para risco de câncer for menos restritivo que o cálculo para o TDI, deverá ser utilizado o mais restritivo. Por exemplo, para o tricloroeteno o valor adotado é referente ao TDI [16].

3.2.3. Demais substâncias

Para 19 substâncias que não apresentam padrões de potabilidade na Portaria 518/04 do MS e nem valores derivados pela OMS, os valores de intervenção foram calculados seguindo a mesma metodologia apresentada no Guia da OMS [16].

4 – Resultados e Discussão

4.1 – Valores orientadores para solo e água subterrânea estabelecidos para o Estado de São Paulo

O Quadro 2 apresenta os valores orientadores para solo e água subterrânea estabelecidos para o Estado de São Paulo, publicados no diário Oficial do Estado em 13 de dezembro de 2005 [3].

Quadro 2. Valores orientadores 2005 para solo e água subterrânea estabelecidos para o Estado de São Paulo

Substância	CAS Nº	Solo (mg/Kg de peso seco) ³					Água Subt (µg/L)
		Referência (a)	Prevenção	Intervenção			Intervenção
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
Metais/ semi-metais							
Alumínio	7429-90-5	-	-	-	-	-	200
Antimônio	7440-36-0	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio	7440-38-2	3,5	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	75	150	300	500	750	700
Boro	7440-42-8	-	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	<0,5	1,3	3	8	20	5
Chumbo	7440-43-9	17	72	180	300	900	10
Cobalto	7439-92-1	13	25	35	65	90	5
Cobre	7440-50-8	35	60	200	400	600	2.000
Cromo	7440-47-3	40	75	150	300	400	50
Ferro	7439-89-6	-	-	-	-	-	300
Manganês	7439-96-5	-	-	-	-	-	400
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	12	36	70	1
Molibdênio	7439-98-7	<4	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	13	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	-	-	-	-	-	10.000
Prata	7440-22-4	0,25	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,25	5	-	-	-	10
Vanádio	7440-62-2	275	-	-	-	-	-
Zinco	7440-66-6	60	300	450	1000	2000	5.000

continua

Quadro 2. Valores orientadores 2005 para solo e água subterrânea estabelecidos para o Estado de São Paulo
continuação

Substância	CAS Nº	Solo (mg/Kg de peso seco) ³					Água Subt (µg/L)
		Referência (a)	Prevenção	Intervenção			Intervenção
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis							
Benzeno	71-43-2	na	0,03	0,06	0,08	0,15	5
Estireno	100-42-5	na	0,2	15	35	80	20
Etilbenzeno	100-41-4	na	6,2	35	40	95	300
Tolueno	108-88-3	na	0,14	30	30	75	700
Xilenos	1330-20-7	na	0,13	25	30	70	500
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos⁽²⁾							
Antraceno	120-12-7	na	0,039	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	56-55-3	na	0,025	9	20	65	1,75
Benzo(k)fluoranteno	207-06-9	na	0,38	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	na	0,57	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	na	0,052	0,4	1,5	3,5	0,7
Criseno	218-01-9	na	8,1	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	na	0,08	0,15	0,6	1,3	0,18
Fenantreno	85-01-8	na	3,3	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	na	0,031	2	25	130	0,17
Naftaleno	91-20-3	na	0,12	30	60	90	140
Benzenos clorados⁽²⁾							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	na	0,41	40	45	120	700
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	na	0,73	150	200	400	1.000
1,3-Diclorobenzeno	541-73-1	na	0,39	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	na	0,39	50	70	150	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	na	0,01	5	15	35	(a)
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	na	0,011	7	20	40	(a)
1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	na	0,5	-	-	-	(a)
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	634-66-2	na	0,16	-	-	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	634-90-2	na	0,0065	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	na	0,01	-	-	-	-
Hexaclorobenzeno	118-74-1	na	0,003 ⁽³⁾	0,005	0,1	1	1
Etanos clorados							
1,1-Dicloroetano	75-34-2	na	-	8,5	20	25	280
1,2-Dicloroetano	107-06-2	na	0,075	0,15	0,25	0,50	10
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	na	-	11	11	25	280
Etenos clorados							
Cloro de vinila	75-01-4	na	0,003	0,005	0,003	0,008	5
1,1-Dicloroetano	75-35-4	na	-	5	3	8	30
1,2-Dicloroetano - cis	156-59-2	na	-	1,5	2,5	4	(b)
1,2-Dicloroetano - trans	156-60-5	na	-	4	8	11	(b)
Tricloroetano - TCE	79-01-6	na	0,0078	7	7	22	70
Tetracloroetano - PCE	127-18-4	na	0,054	4	5	13	40
Metanos clorados							
Cloro de Metileno	75-09-2	na	0,018	4,5	9	15	20
Clorofórmio	67-66-3	na	1,75	3,5	5	8,5	200
Tetracloro de carbono	56-23-5	na	0,17	0,5	0,7	1,3	2

continua

Quadro 2. Valores orientadores 2005 para solo e água subterrânea estabelecidos para o Estado de São Paulo
continuação

Substância	CAS N°	Solo (mg/Kg de peso seco) ³					Água Subt (µg/L)
		Referência (a)	Prevenção	Intervenção			Intervenção
Agrícola APMax	Residencial			Industrial			
Fenóis clorados							
2-Clorofenol (o)	95-57-8	na	0,055	0,5	1,5	2	10,5
2,4-Diclorofenol	120-83-2	na	0,031	1,5	4	6	10,5
3,4-Diclorofenol	95-77-2	na	0,051	1	3	6	10,5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	na	0,11	-	-	-	10,5
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	na	1,5	3	10	20	200
2,3,4,5-Tetraclorofenol	4901-51-3	na	0,092	7	25	50	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	58-90-2	na	0,011	1	3,5	7,5	10,5
Pentaclorofenol (PCP)	87-86-5	na	0,16	0,35	1,3	3	9
Fenóis não clorados							
Cresóis		na	0,16	6	14	19	175
Fenol	108-95-2	na	0,20	5	10	15	140
Ésteres ftálicos							
Dietilexil ftalato (DEHP)	117-81-7	na	0,6	1,2	4	10	8
Dimetil ftalato	131-11-3	na	0,25	0,5	1,6	3	14
Di-n-butil ftalato	84-74-2	na	0,7	-	-	-	-
Pesticidas organoclorados							
Aldrin ⁽²⁾	309-00-2	na	0,0015 ⁽³⁾	0,003	0,01	0,03	(d)
Dieldrin ⁽²⁾	60-57-1	na	0,043 ⁽³⁾	0,2	0,6	1,3	(d)
Endrin	72-20-8	na	0,001 ⁽³⁾	0,4	1,5	2,5	0,6
DDT ⁽²⁾	50-29-3	na	0,010 ⁽³⁾	0,55	2	5	(c)
DDD ⁽²⁾	72-54-8	na	0,013	0,8	3	7	(c)
DDE ⁽²⁾	72-55-9	na	0,021	0,3	1	3	(c)
HCH beta	319-85-7	na	0,011	0,03	0,1	5	0,07
HCH – gama (Lindano)	58-89-9	na	0,001	0,02	0,07	1,5	2
PCBs							
total		na	0,0003 ⁽³⁾	0,01	0,03	0,12	3,5

(1) -Procedimentos analíticos devem seguir SW-846, com metodologias de extração de inorgânicos 3050b ou 3051 ou procedimento equivalente.

(2) -Para avaliação de risco, deverá ser utilizada a abordagem de unidade toxicológica por grupo de substâncias.

(3) -Substância banida pela Convenção de Estocolmo, ratificada pelo Decreto Legislativo n° 204, de 07-05-2004, sem permissão de novos aportes no solo.

na - não se aplica para substâncias orgânicas.

(a) somatória para triclorobenzenos = 20 µg.L⁻¹.

(b) somatória para 1,2 dicloroetenos; = 50 µg.L⁻¹.

(c) somatória para DDT-DDD-DDE = 2 µg.L⁻¹.

(d) somatória para Aldrin e Dieldrin = 0,03 µg.L⁻¹.

Entende-se como "PCB's totais" a somatória dos sete congêneres (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

4.2 – Formas de utilização dos Valores orientadores de intervenção no gerenciamento de áreas contaminadas

A Figura 2 apresenta as etapas de gerenciamento de áreas contaminadas segundo o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB [19], inserindo a utilização do valores orientadores.

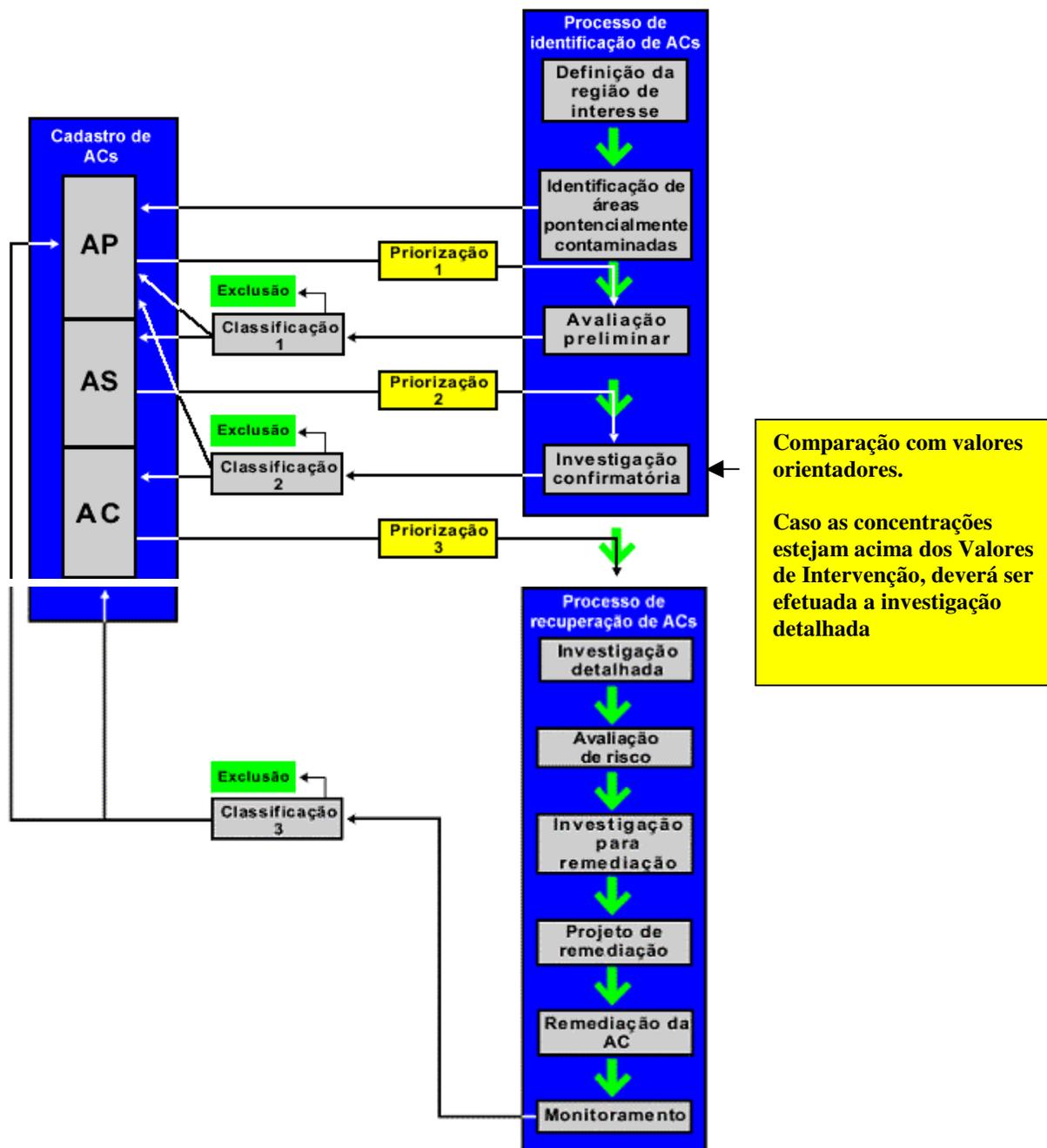


Figura 2. Etapas de gerenciamento de áreas contaminadas e utilização do valores orientadores, adaptado de CETESB [19].

Quando as concentrações detectadas no solo ou na água subterrânea durante a fase de investigação confirmatória ultrapassam os valores de intervenção, a área será classificada como contaminada sob investigação, indicando que existem riscos potenciais à saúde humana e que há necessidade de ações para resguardar os receptores de risco. Por exemplo, nos casos em que houver

comprometimento de fonte de abastecimento de água, o responsável pela contaminação deverá fornecer fonte alternativa de água potável para abastecimento da população afetada. Outras ações podem ser demandadas pelos órgãos ambientais e de saúde.

O responsável legal pela área classificada como Área Contaminada sob Investigação deverá realizar investigação detalhada para conhecimento da extensão total da contaminação e identificação de todos os receptores de risco.

Entretanto, concentrações acima dos valores de intervenção não significam que há riscos eminentes à saúde humana. Isto será avaliado com base nos resultados da investigação detalhada em avaliação de risco específica às condições locais.

Há ainda a possibilidade, no caso de metais e semi-metais, que a contaminação observada não tem origem antrópica, cabendo ao responsável pela investigação demonstrar ao Órgão Ambiental a origem natural dessas substâncias.

A declaração de uma área contaminada sob investigação deve ser feita com base em dados analíticos consistentes, ou seja, deve-se ter uma massa de dados que permita avaliações estatísticas e a ultrapassagem dos valores de intervenção deve ocorrer de forma sistemática e não eventual.

Conforme publicado no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 13 de dezembro de 2005 [3], os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas - 2005 deverão ser adotados, no que couber, em todas as regras pertinentes da CETESB e nas Normas Técnicas, já editadas ou a serem publicadas, especialmente as Normas Técnicas P 4.230 (agosto de 1999) e P 4.233 (setembro de 1999) com alterações posteriores, que dispõem, respectivamente, sobre a “Aplicação de Lodos de Sistemas de Tratamento Biológico em Áreas Agrícolas – Critérios para Projeto e Operação” e “Lodos de Curtumes – Critérios para o Uso em Áreas Agrícolas e Procedimentos para Apresentação de Projetos”, que utilizem Valores Orientadores para a fixação de limite de concentração de substâncias no solo ou nas águas subterrâneas por elas estabelecido. Além disso, as áreas contaminadas somente serão reclassificadas nos casos em que todos os Valores de Intervenção (VI) das substâncias responsáveis pela contaminação tenham sofrido alteração em relação ao valores publicados em 2001.

No Estado de São Paulo a Resolução CRH n° 52 que estabelece critérios para o estabelecimento de áreas de restrição e controle de recursos hídricos subterrâneas, utiliza os valores orientadores de intervenção como base para estabelecer áreas de restrição em função da qualidade da água.

No âmbito federal, estão em discussão no Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA duas resoluções que podem utilizar os valores orientadores como ferramenta de gestão. Uma é a Resolução de Diretrizes Ambientais para a Classificação das Águas Subterrâneas e outra é a Resolução de Proteção da Qualidade de Solo e Gerenciamento de Áreas Contaminadas.

5 – Conclusão

Os valores orientadores 2005 publicado pela CETESB estão de acordo com disposto no Projeto de Lei 368 de 2005 que trata da proteção da qualidade do solo contra alterações nocivas por contaminação, da definição de responsabilidades, da identificação e do cadastramento de áreas contaminadas e da remediação dessas áreas de forma a tornar seguros seus usos atual e futuro. Esse projeto de Lei encontra-se em análise na Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo.

Os valores de intervenção podem ser considerados um instrumento fundamental para definir locais onde existem risco potencial à saúde humana, possibilitando a tomada de ações para proteção e controle da qualidade do solo e da água subterrânea.

Esses Valores deverão ser revisados em até 4 (quatro) anos, ou a qualquer tempo, e submetidos à deliberação da Diretoria Plena da CETESB. Assim, é importante a participação dos usuários e interessados.

5 – Bibliografia

- [1] CETESB. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2001. 101 p + anexos.
- [2] SÃO PAULO, 2001. CETESB. **Aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. Diário Oficial do Estado. Empresarial, São Paulo, 26.10.2001, 111(203). p. 18.
- [3] SÃO PAULO, 2005. CETESB. **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. Diário Oficial do Estado. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 3.12.2005, 115(227). p. 22-23. Retificação 13.12.2005, 115(233) p.42.
- [4] VAN DEN BERG, R. **Human exposure to soil contamination a qualitative and quantitative analyses towards proposals for human toxicological intervention values**. Bilthoven: RIVM, 1994. 93p. (Report 725201011)
- [5] FIBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 2000.
- [6] COUTO, M. L. **Atualização dos fatores de exposição e sua influência nos valores de intervenção para solo do Estado de São Paulo**. Instituto Geociência - UNICAMP, Dissertação de Mestrado. 2006. 228 p.
- [7] SOARES, M. R. **Coefficiente de distribuição (Kd) de metais pesados em solos do Estado de São Paulo**. Piracicaba, SP. 2004. 202p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade São Paulo, São Paulo, 2004.

- [8] SWARTJES, F.A. **Variation in calculated human exposure: Comparison of calculation with seven european human exposure models.** Bilthoven: RIVM, 2002. (Report 711701030).
- [9] OTTE P.F. *et al.* **Evaluation and revision of the CSOIL parameter set. Proposed parameter set for human exposure modelling and deriving Intervention Value for the first series of compounds.** Bilthoven: RIVM, 2001. (Report 711701022)
- [10] RIKKEN, M.G.L. *et al.* **Evaluation of model concepts on human exposure. Proposal for updating relevant exposure routes of Csoil.** Bilthoven: RIVM, 2001. (Report 711701021).
- [11] LIJZEN, J.P.A. *et al.* **Technical evaluation of the intervention Values for Soil/Sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic and groundwater.** Bilthoven: RIVM, 2001. (Report 711701 023).
- [12] EPA - US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Exposure factors handbook.** Washington, DC, 1989a. (EPA/600/8-89/043)
- [13] Syracuse Research Corporation - SRC. **Interactive PhysProp database.** Disponível em: <http://www.syrres.com/esc/physdemo.htm> . Acesso em: 12.05.2005.
- [14] BAARS, A.J. *et al.* **Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels.** RIVM. Bilthoven: RIVM, 2001. (Report 711701025)
- [15] MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **Portaria Nº 518**, de 25 de Março de 2004 (D.O.U de 26.03.2004). Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.
- [16] OMS - WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 3 ed. Genebra, 2004. 18 v.
- [17] CETESB. **Qualidade da Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo 2001-2003.** São Paulo, 2004. 103 p. + anexos.
- [18] OMS - WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 3 ed. Genebra, 1998. 18 v.
- [19] CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas.** CETESB/GTZ. São Paulo, 1999 e atualizações. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/areas.asp. Acessado em 13.05.2006.