

# VALORES ORIENTADORES DE PREVENÇÃO E DE INTERVENÇÃO E SUA APLICAÇÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

**Dra. Dorothy Carmen Pinatti Casarini**

**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB)**  
**Gerente da Divisão de Qualidade de Solos, Águas Subterrâneas e Vegetação (ESS)**  
**Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 CEP 05489-900 - São Paulo - SP**  
**Fone: (011) 3133-3028 Fax: (011) 3133-3124**  
**e-mail: [dorothyc@cetesbnet.sp.gov.br](mailto:dorothyc@cetesbnet.sp.gov.br)**

# CETESB



SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE

GOVERNO DO ESTADO DE  
SÃO PAULO

# SUMÁRIO DA PALESTRA

- Apresentar histórico e a abordagem adotados pela Agência Ambiental do Estado de São Paulo para prevenir e controlar a poluição do solo e da água subterrânea.
- Apresentar a tabela de Valores Orientadores publicadas no Diário Oficial do Estado em dezembro de 2005.
- Apresentar a Utilização dos Valores Orientadores e a Declaração da Condição de Qualidade do Solo e da Água Subterrânea.
- Apresentar as metodologias da CETESB para os estabelecimento dos Valores Orientadores de Prevenção e de Intervenção.
- Discutir tecnicamente os conceitos, critérios e premissas utilizados.
- Demonstração de procedimento de avaliação de risco para a derivação de valores de intervenção.

# **HISTÓRICO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA CETESB**

**Levantamento Bibliográfico Sobre Critérios - 1995**

**Consultoria Do RIVM-Holanda E 1º Seminário Internacional - 1996**

**Aquisição do Modelo De Avaliação de Risco e Desenvolvimento dos Valores Orientadores - 1996 a 2000**

**2º Seminário Internacional e 1ª Oficina de Trabalho para Discutir os Valores Orientadores – 2000. Consultores da EPA, RIVM -HOLANDA E MMA- ALEMANHA.**

**Publicação de Relatório Sobre as Metodologias - 2001**

**Publicação aa 1ª Lista de Valores Orientadores no Diário Oficial do Estado de São Paulo - 2001**

**Divulgação e Utilização dos Valores Orientadores em Controle de Áreas Contaminadas em Normas Técnicas e Legislações - Partir De 2001.**

**Continuidade do Projeto e Validação dos Valores Orientadores- 2003**

**Consultoria do RIVM e Ampliação dos Conceitos, Critérios e Procedimento de Avaliação de Risco Atualizado - Março 2005**

**Consulta Pública no Site Cetesb - Julho de 2005**

**Realização de Oficina com Participação de 70 Representantes de Pesquisadores, Ibama, Fiesp, Consultorias Etc para Apresentar e Validar Nova Proposta - 2005**

**Publicação de Nova Lista dos Valores no DOE - Dezembro/2005.**

## VALORES ORIENTADORES-CETESB

SÃO INSTRUMENTOS PARA PREVENIR E CONTROLAR A POLUIÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO A FIM DE SUBSIDIAR A CETESB EM SUAS ATRIBUIÇÕES LEGAIS DE:

**AÇÕES PREVENTIVAS** DE  
MANUTENÇÃO DA QUALIDADE  
DO SOLO E DA ÁGUA  
SUBTERRÂNEA

**AÇÕES CORRETIVAS** DE  
CONTROLE DE FONTES  
POTENCIAIS DE POLUIÇÃO E  
ÁREAS CONTAMINADAS

# DEFINIÇÃO DE SOLO APLICADA À PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO

É UM MEIO COMPLEXO E HETEROGÊNEO, PRODUTO DE ALTERAÇÃO DO REMANEJAMENTO E DA ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL ORIGINAL (ROCHA, SEDIMENTO OU OUTRO SOLO) , SOB A AÇÃO DA VIDA, DA ATMOSFERA E DAS TROCAS DE ENERGIA QUE AÍ SE MANIFESTAM, E CONSTITUÍDO POR QUANTIDADES VARIÁVEIS DE MINERAIS, MATÉRIA ORGÂNICA, **ÁGUA DA ZONA NÃO SATURADA E SATURADA**, AR E ORGANISMOS VIVOS, INCLUINDO PLANTAS, BACTÉRIAS, FUNGOS, PROTOZOÁRIOS, INVERTEBRADOS E OUTROS ANIMAIS. (CETESB, 2004).

# FUNÇÕES DO SOLO

## SÃO FUNÇÕES PRIMÁRIAS:

- sustentação da vida e do "habitat" para pessoas, animais, plantas e organismos;
- manutenção do ciclo da água e dos nutrientes;
- proteção da água subterrânea;

## OUTRAS FUNÇÕES IMPORTANTES:

- manutenção do patrimônio histórico, natural e cultural;
- conservação das reservas minerais e de matérias primas;
- produção de alimentos; e
- meio para manutenção da atividade sócio-econômica,

**O solo deve ser conservado para garantir suas funções**

# **O SOLO TEM CAPACIDADE DE REETER PARTE DOS POLUENTES, MAS COM O ESTRESSE AMBIENTAL A RESISTÊNCIA DIMINUI**

**NOS PAÍSES DESENVOLVIDOS A PUBLICAÇÃO DE MEDIDAS REGULADORAS SÃO A BASE DE UM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL A LONGO PRAZO.**

**AS AGÊNCIAS AMBIENTAIS TEM A ATRIBUIÇÃO DE DESENVOLVER CRITÉRIOS E INSTRUMENTOS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO DO SOLO E GARANTIR A MANUTENÇÃO DE SUA QUALIDADE, CONFORME EFETUADO PARA OUTROS RECURSOS AMBIENTAIS COMO O AR, ÁGUA, FAUNA E FLORA.**

# VALORES ORIENTADORES

## PROPOSTA 2005 PUBLICADA NO DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO

**VALOR DE  
REFERÊNCIA DE  
QUALIDADE - R**

**Concentração de determinada substância no solo e na água subterrânea que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea**

**VALOR DE  
PREVENÇÃO - P**

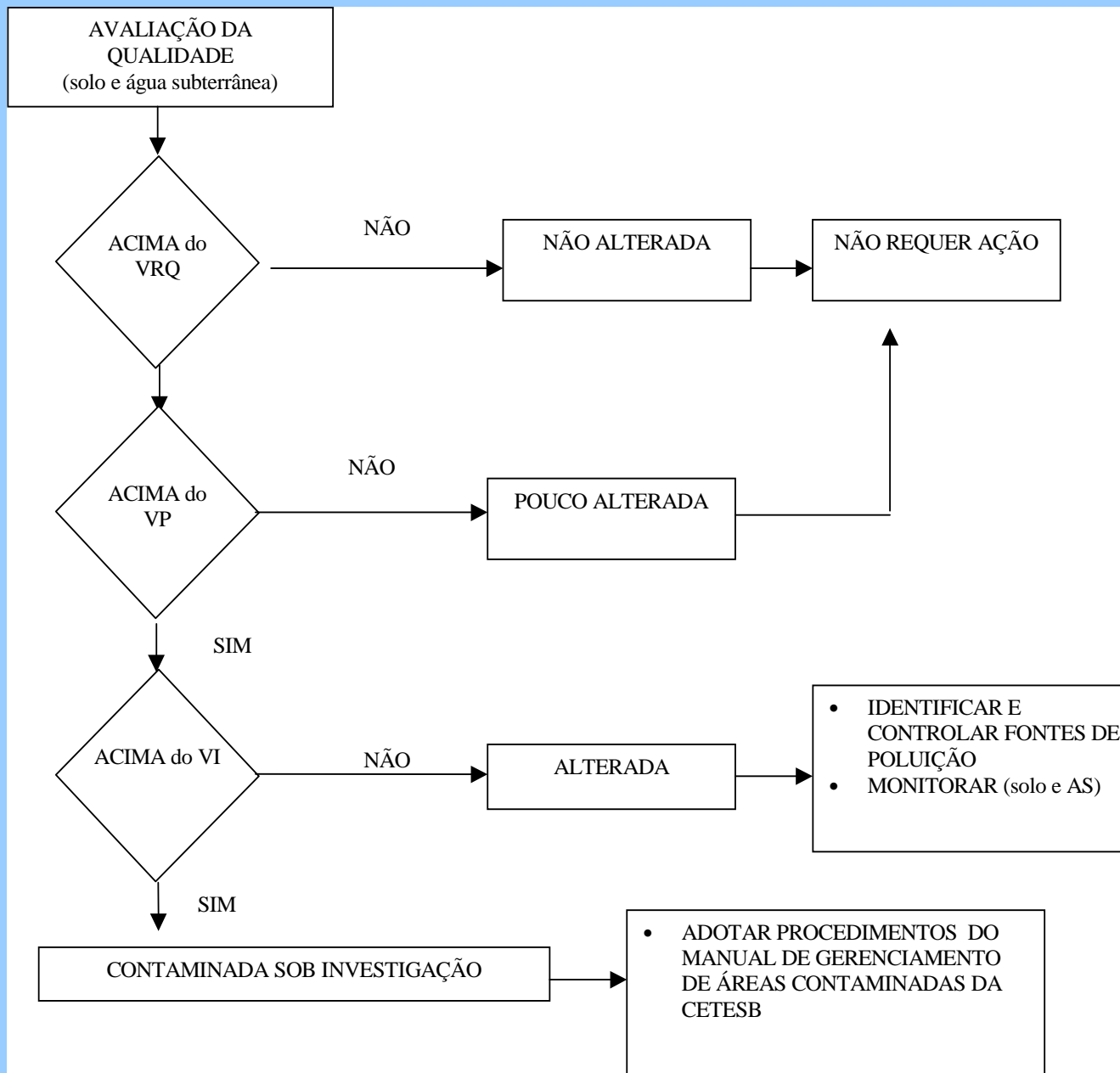
**Concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea**

**VALOR DE  
INTERVENÇÃO - I**

**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.**



# Ações Requeridas em Função da Condição de Qualidade de uma Área



**AÇÕES DE CONTROLE QUANDO É DETERMINADO  
UMA CONCENTRAÇÃO NO SOLO DE UMA SUBSTÂNCIA ACIMA DO VALOR DE  
PREVENÇÃO - P**

- A CONTINUIDADE DA ATIVIDADE POTENCIALMENTE POLUIDORA SERÁ SUBMETIDA A NOVA AVALIAÇÃO DO ÓRGÃO AMBIENTAL.**
- OS RESPONSÁVEIS LEGAIS PELA INTRODUÇÃO NO SOLO DE CARGAS POLUENTES DEVE EXECUTAR UMA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POR MEIO DE UM MONITORAMENTO ESPECÍFICO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA.**
- EM ÁREAS ONDE SÃO APLICADOS RESÍDUOS E EFLUENTES ESTA ATIVIDADE DEVERÁ SER CESSADA TEMPORARIAMENTE, ATÉ QUE NOVAS EXIGÊNCIAS TÉCNICAS SEJAM DEFINIDAS PELA AGÊNCIA AMBIENTAL EM FUNÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO.**

**AÇÕES DE CONTROLE QUANDO É DETERMINADO  
UMA CONCENTRAÇÃO NO SOLO DE UMA SUBSTÂNCIA ACIMA DO VALOR DE  
DE INTERVENÇÃO - I**

- Devem ser adotadas medidas emergenciais, visando a minimização do perigo e da exposição e efetuar investigação detalhada.
- Essas medidas incluem uma avaliação de risco caso a caso para determinar a extensão da contaminação e seus efeitos nos receptores considerando o uso atual e futuro da área.
- A área deverá ser incluída no cadastro de áreas contaminadas, devendo seguir o Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas vigente na CETESB.

# VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA PROPOSTOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

| Substância                                 | CAS<br>Nº | Solo (mg/kg) |           |                   |             |            | Água Subt<br>(µg/L) |
|--|-----------|--------------|-----------|-------------------|-------------|------------|---------------------|
|  |           | Referência   | Prevenção | Intervenção       |             |            | Intervenção         |
|  |           |              |           | Agrícola<br>APMax | Residencial | Industrial |                     |
| <b>Metais/ semi-metais</b>                 |           |              |           |                   |             |            |                     |
| Alumínio                                   | 7429-90   | -            | -         | -                 | -           | -          | 0,2                 |
| Antimônio                                  | 7440-36-0 | <0,5         | 2         | 5                 | 10          | 25         | 5                   |
| Arsênio                                    | 7440-38-2 | 3,5          | 15        | 25                | 50          | 100        | 10                  |
| Bário                                      | 7440-39-3 | 75           | 150       | 300               | 400         | 700        | 700                 |
| Boro                                       | 7440-42-8 | -            | -         | -                 | -           | -          | 500                 |
| Cádmio                                     | 7440-48-4 | <0,5         | 1,3       | 3                 | 8           | 20         | 5                   |
| Chumbo                                     | 7440-43-9 | 17           | 72        | 120               | 240         | 500        | 10                  |
| Cobalto                                    | 7439-92-1 | 13           | 25        | 40                | 100         | 230        | 5                   |
| Cobre                                      | 7440-50-8 | 35           | 60        | 100               | 500         | 700        | 2000                |
| Cromo                                      | 7440-47-3 | 40           | 75        | 150               | 250         | 350        | 50                  |
| Manganês                                   | 7439-96-5 | -            | -         | -                 | -           | -          | 0,4                 |
| Mercúrio                                   | 7439-97-6 | 0,05         | 0,5       | 2,5               | 5           | 20         | 1                   |
| Molibdênio                                 | 7439-98-7 | <4           | 30        | 50                | 100         | 120        | 70                  |
| Níquel                                     | 7440-02-0 | 13           | 30        | 50                | 100         | 150        | 20                  |
| Prata                                      | 7440-22-4 | 0,25         | 2         | -                 | -           | -          | 50                  |
| Selênio                                    | 7782-49-2 | 0,25         | 5         | -                 | -           | -          | 10                  |
| Vanádio                                    | 7440-62-2 | 275          | -         | -                 | -           | -          | -                   |
| Zinco                                      | 7440-66-6 | 60           | 300       | 500               | 1000        | 1500       | 5000                |
| <b>Hidrocarbonetos aromáticos voláteis</b> |           |              |           |                   |             |            |                     |
| Benzeno                                    | 71-43-2   | <LD          | 0,03      | 0,05              | 0,08        | 0,15       | 5                   |
| Estireno                                   | 100-42-5  | <LD          | 0,2       | 15                | 35          | 80         | 20                  |
| Etilbenzeno                                | 100-41-4  | <LD          | 6,2       | 30                | 35          | 80         | 300                 |
| Tolueno                                    | 108-88-3  | <LD          | 0,14      | 25                | 20          | 70         | 700                 |
| Xilenos                                    | 1330-20-7 | <LD          | 0,13      | 25                | 30          | 70         | 500                 |

# VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA PROPOSTOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

| Substância   | CAS<br>Nº | Solo (mg/kg)      |           |                   |             |            | Água Subt<br>(µg/L) |
|--|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-------------|------------|---------------------|
|  |           | Referência<br>(a) | Prevenção | Intervenção       |             |            | Intervenção         |
|  |           |                   |           | Agrícola<br>APMax | Residencial | Industrial |                     |
| <b>Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (2)</b> |           |                   |           |                   |             |            |                     |
| Acenaftileno                                       | 208-96-8  | <LD               | -         | 7,5               | 15          | 30         | 175                 |
| Antraceno  | 120-12-7  | <LD               | 0,039     | -                 | -           | -          | 14                  |
| Benzo(a)antraceno                                  | 56-55-3   | <LD               | 0,025     | 10                | 25          | 50         | 17,5                |
| Benzo(b)fluoranteno                                | 205-99-2  | <LD               | -         | 3                 | 30          | 70         | 17,5                |
| Benzo(k)fluoranteno                                | 207-06-9  | <LD               | 0,38      | 10                | 100         | 250        | 17,5                |
| Benzo(g,h,i)perileno                               | 191-24-2  | <LD               | 0,57      | -                 | -           | -          | 10,5                |
| Benzo(a)pireno                                     | 50-32-8   | <LD               | 0,052     | 0,4               | 1,5         | 4,0        | 0,7                 |
| Criseno  | 218-01-9  | <LD               | 8,1       | -                 | -           | -          | 175                 |
| Dibenzo(a,h)antraceno                              | 53-70-3   | <LD               | -         | 0,15              | 0,5         | 1,5        | 1,75                |
| Fenantreno   | 85-01-8   | <LD               | 3,3       | 15                | 40          | 80         | 140                 |
| Fluoranteno  | 206-44-0  | <LD               | 1,0       | 50                | 150         | 300        | 175                 |
| Indeno(1,2,3-c,d)pireno                            | 193-39-5  | <LD               | 0,031     | 2                 | 30          | 80         | 17,5                |
| Naftaleno  | 193-39-5  | <LD               | 0,12      | 35                | 60          | 90         | 140                 |
| <b>Benzenos clorados (2)</b>                       |           |                   |           |                   |             |            |                     |
| Clorobenzeno (Mono)                                | 108-90-7  | <LD               | 0,41      | 40                | 45          | 110        | 140                 |
| 1,2-Diclorobenzeno                                 | 95-50-1   | <LD               | 0,73      | 150               | 200         | 400        | 1000                |
| 1,3-Diclorobenzeno                                 | 541-73-1  | <LD               | 0,39      | -                 | -           | -          |                     |
| 1,4-Diclorobenzeno                                 | 106-46-7  | <LD               | 0,39      | 50                | 70          | 150        | 300                 |
| 1,2,3-Triclorobenzeno                              | 87-61-6   | <LD               | 0,01      | 5                 | 15          | 35         | 20 (s)              |
| 1,2,4-Triclorobenzeno                              | 120-82-1  | <LD               | 0,011     | 7                 | 20          | 40         |                     |
| Hexaclorobenzeno                                   | 118-74-1  | <LD               | 0,003     | 0,005             | 0,02        | 0,05       | 0,56                |

# VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA PROPOSTOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

| Substância                                 | CAS<br>Nº  | Solo (mg/kg) |           |                   |             |            | Água Subt<br>(µg/L) |
|--|------------|--------------|-----------|-------------------|-------------|------------|---------------------|
|  |            | Referência   | Prevenção | Intervenção       |             |            | Intervenção         |
|  |            |              |           | Agrícola<br>APMax | Residencial | Industrial |                     |
| <b>Etanos clorados</b>                     |            |              |           |                   |             |            |                     |
| 1,1-Dicloroetano                           | 75-34-2    | <LD          | -         | 6                 | 12          | 24         | 875                 |
| 1,2-Dicloroetano                           | 107-06-2   | <LD          | 0,075     | 0,15              | 0,25        | 0,50       | 10                  |
| 1,1,1-Tricloroetano                        | 71-55-6    | <LD          | -         | 9                 | 10          | 30         | 280                 |
| <b>Etenos clorados</b>                     |            |              |           |                   |             |            |                     |
| Cloreto de vinila (Monocloroetano)         | 75-01-4    | <LD          | 0,01      | 0,02              | 0,003       | 0,008      | 5                   |
| 1,1 Dicloroetano (Dicloroetileno)          | 75-35-4    | <LD          | -         | 4                 | 3           | 8          | 30                  |
| 1,2-Dicloroetano - cis                     | 156-60-5   | <LD          | -         | 1,5               | 3           | 4          | 50 (s)              |
| 1,2-Dicloroetano - trans                   | 156-60-5   | <LD          | -         | 4                 | 8           | 12         |                     |
| 1,1,2-Tricloroetano (TCE)                  | 79-01-6    | <LD          | 0,0078    | 8                 | 8           | 20         | 70                  |
| 1,1,2,2 – Tetracloroetano (PCE)            | 127-18-4   | <LD          | 0,054     | 4                 | 8           | 16         | 40                  |
| <b>Metanos clorados</b>                    |            |              |           |                   |             |            |                     |
| Diclorometano (Cloreto de Metileno)        | 75-09-2    | <LD          | 0,018     | 4,5               | 9           | 15         | 20                  |
| Clorofórmio (Triclorometano)               | 67-66-3    | <LD          | 1,5       | 3                 | 4           | 7          | 200                 |
| Tetraclorometano (tetracloreto de carbono) | 56-23-5    | <LD          | -         | 0,4               | 0,6         | 1,3        | 2                   |
| <b>Fenois clorados</b>                     |            |              |           |                   |             |            |                     |
| 2 Clorofenol (o)                           | 95-57-8    | <LD          | 0,034     | 0,7               | 1,4         | 2,0        | 52,5                |
| 2,4-Diclorofenol                           | 120-83-2   | <LD          | 0,031     | 1,5               | 4           | 6          | 10,5                |
| 3,4 Diclorofenol                           | 95-77-2    | <LD          | 0,051     | 0,8               | 3           | 6          | 10,5                |
| 2,4,5 Triclorofenol                        | 95-95-4    | <LD          | 0,11      | 2                 | 8           | 15         | 10,5                |
| 2,4,6-Triclorofenol                        | 88-06-2    | <LD          | 1,9       | 3                 | 10          | 20         | 200                 |
| 2,3,4,5 Tetraclorofenol                    | 49-01-51-3 | <LD          | 0,092     | 7                 | 25          | 50         | 10,5                |
| 2,3,4,6-Tetraclorofenol                    | 58-90-2    | <LD          | 0,011     | 1,0               | 4           | 8          | 10,5                |
| Pentaclorofenol (PCP)                      | 87-86-5    | <LD          | 0,16      | 0,35              | 1,3         | 3,0        | 9                   |

# VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA PROPOSTOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

| Substância                       | CAS<br>Nº | Solo (mg/kg) |                     |                   |             |            | Água Subt<br>(µg/L) |
|----------------------------------|-----------|--------------|---------------------|-------------------|-------------|------------|---------------------|
|                                  |           | Referência   | Prevenção           | Intervenção       |             |            | Intervenção         |
|                                  |           |              |                     | Agrícola<br>APMax | Residencial | Industrial |                     |
| <b>Fenóis não clorados</b>       |           |              |                     |                   |             |            |                     |
| Cresóis                          |           | <LD          | 0,16                | 6                 | 13          | 20         | 875                 |
| Fenol                            | 108-95-2  | -            | 0,20                | 5                 | 10          | 15         | 140                 |
| <b>Esteres ftálicos</b>          |           |              |                     |                   |             |            |                     |
| Di etilexil ftalato (DEHP)       | 117-81-7  | <LD          | 0,5                 | 1                 | 4           | 10         | 14                  |
| Dimetil ftalato                  | 131-11-3  | <LD          | 0,25                | 0,5               | 1,5         | 3,0        | 14                  |
| Di-butil ftalato                 | 84-74-2   | <LD          | 0,7                 | -                 | -           | -          | 182                 |
| <b>Pesticidas organoclorados</b> |           |              |                     |                   |             |            |                     |
| Aldrin (2)                       | 309-00-2  | <LD          | 0,003 <sup>1</sup>  | 0,005             | 0,01        | 0,05       | 0,03 (s)            |
| Dieldrin (2)                     | 60-57-1   | <LD          | 0,043 <sup>1</sup>  | 0,2               | 1           | 5          |                     |
| Endrin                           | 72-20-8   | <LD          | 0,001 <sup>1</sup>  | 0,4               | 1,5         | 5          | 0,6                 |
| DDT (DDT+DDE +DDD)               |           | <LD          | 0,013 <sup>1</sup>  | 0,5               | 2           | 5          | 2                   |
| HCH beta                         | 319-85-7  | <LD          | 0,011               | 0,03              | 0,1         | 6          | 0,1                 |
| HCH – gama (Lindano)             | 58-89-9   | <LD          | 0,001               | 0,025             | 0,08        | 1,5        | 2                   |
| <b>PCBs</b>                      |           |              |                     |                   |             |            |                     |
| total                            | -         | <LD          | 0,0003 <sup>1</sup> | 0,02              | 0,06        | 0,12       | 0,0035              |

# **SUBSIDIAR NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES E FOMENTAR PROJETOS DE PESQUISA**

## **No âmbito ESTADUAL**

**Normas CETESB de:**

- **Aplicação de Lodo de Curtume em Solos;**
- **Aplicação de Lodo de Esgoto em Solos; e**
- **P4.231/jan/2005 - Vinhaça - Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola.**

**Resolução SMA n. 39, de 21.07.2004 que estabelece as diretrizes gerais à caracterização do material a ser dragado para o gerenciamento de sua disposição em solo.**

**Projeto de Lei - PL que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas, cujo conteúdo já foi aprovado pelo CONSEMA e encontra-se na Assembléia Legislativa para apreciação.**

## **Teses e Dissertações**

- **ESALQ-USP - Marcio Soares orientando do Prof. Dr. Aleoni.**
- **IPEN - Yara Camargo orientanda da Prof. Dr<sup>a</sup> Marlene Flues.**
- **UNICAMP - Maria Luiza Couto orientanda da Dr<sup>a</sup> Mara Iritani.**



## No âmbito NACIONAL

**Resolução CONAMA nº 344, de 25 de Março de 2004**, que regulamenta a disposição de material dragado em águas jurisdicionais brasileiras.

### **Minutas de Resolução CONAMA em discussão:**

- Sobre aplicação de lodo de estação de tratamento de esgotos em solo agrícola.
- Sobre proteção do solo de gerenciamento de áreas contaminadas.

# **METODOLOGIA PARA ESTABELEECER VALOR DE PREVENÇÃO - P**

**UTILIZA CRITÉRIOS E DADOS DE  
ECOTOXICIDADE EM SOLOS.**

**A FIM DE PROTERGER A QUALIDADE DO  
SOLO E MANTER SUA CAPACIDADE DE  
SUSTENTAR AS FUNÇÕES PRIMÁRIAS,  
PROTEGENDO-SE OS RECEPTORES  
ECOLÓGICOS E A QUALIDADE DA ÁGUA  
SUBTERRÂNEA.**

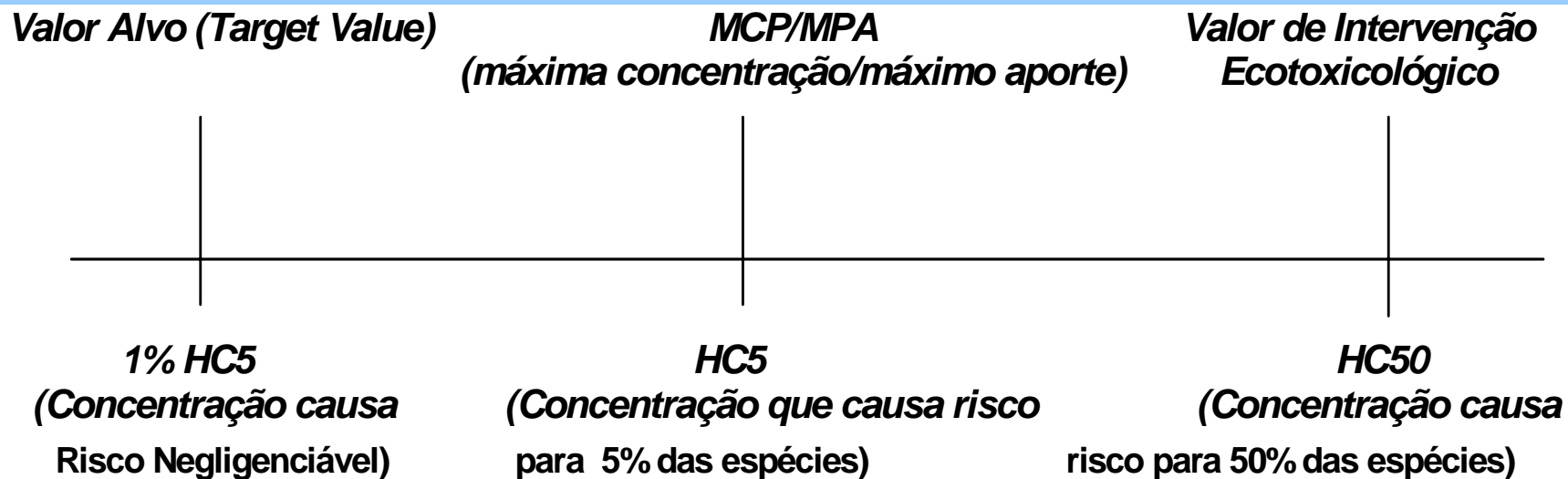
# **VALOR DE PREVENÇÃO PARA SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS ANTRÓPICAS**

**São substâncias cujas moléculas contém carbono geradas ou isoladas antropogenicamente em processos industriais, naturalmente ausentes no solo e que apresentam toxicidade.**

## **Critério utilizado**

**Em função da falta de dados nacionais, Efetuou-se uma revisão dos valores internacionais estabelecidos com base em ensaios que avaliam efeitos adversos à receptores ecológicos.**

# Limites de Risco Ecotoxicológico - ERL RIVM



# VALOR DE PREVENÇÃO ADOTADO PELA CETESB PARA AS SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS ANTRÓPICAS

São as **MáximaS ConcentraçãoS PermitidaS - MCPs** revisadas em 2001, pelo Instituto Nacional Holandês de Saúde Pública e Meio Ambiente - RIVM.

## Justificativa

- Utilizam ensaios de ecotoxicidade:
  - preferencialmente crônicos - NOEC
  - consideram ensaios com 4 ou mais grupos taxonômicos ou diferentes processos do solo;
- Avaliam um grande número de substâncias orgânicas;
- É um critério coerente com o critério de avaliação de risco adotado para derivação dos valores de intervenção.

# **ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE O VALOR DE PREVENÇÃO DA CETESB PARA SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS ANTRÓPICAS**

- Quando os MCPs eram maiores que os Valores de Intervenção adotou-se a metade do valor de intervenção do cenário de exposição agrícola;
- Quando os MCPs eram inferiores ao limite de quantificação (LQ) analítico praticado pela CETESB este foi, provisoriamente adotado como VP;
- Para grupos de substâncias como clorobenzenos, PAHs, ftalatos, aldrin/dieldrin e clorofenóis, adotou-se a somatória de riscos.
- A CETESB avalia no solo as substâncias banidas mas não permitir aporte.

# VALOR DE PREVENÇÃO PARA SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS

São substâncias de ocorrência natural em concentrações associadas à gênese do solo.

## Critérios utilizados

- revisão de dados nacionais, que tenham utilizados metodologia de extração - EPA 3050b e 3051;
- levantamento de critérios e valores ecotoxicológicos internacionais; e
- realização de ensaios fitotoxicológicos

## Dados nacionais

- Os métodos principais de extração de amostras de solo utilizam EDTA, DTPA e Mehlich 1 desde que são para avaliação com enfoque agronômica e não ambiental.
- Não utilizam os critérios de ecotoxicidade como o cálculo do:

**NOAEC** - Concentração máxima que não é observado nenhum efeito adverso.

**LOAEC** - Concentração mínima que é observado efeito adverso

## Ensaio fitotoxicidade desenvolvidos na CETESB

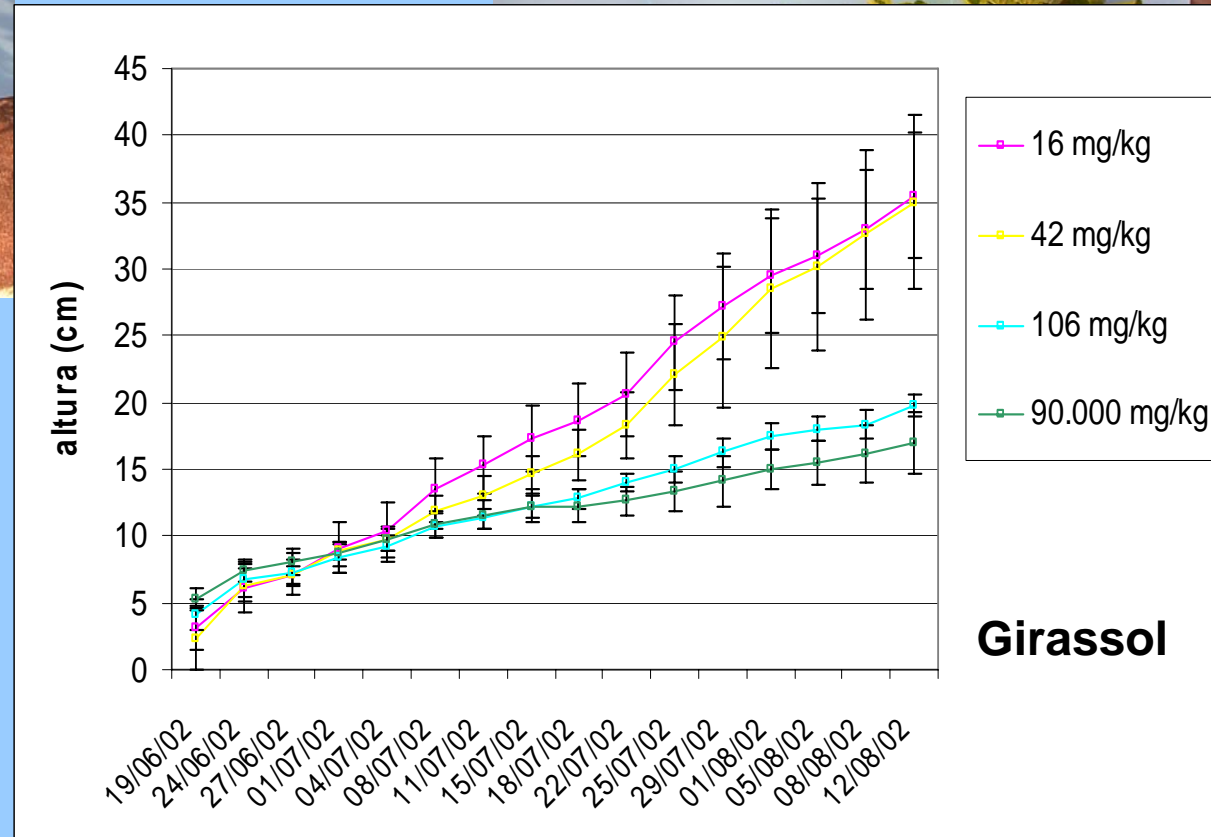
- fitotoxicidade crônica - chumbo
- fitotoxicidade aguda - chumbo, cromo e cobre



# FITOTOXICIDADE CRÔNICA

Método: crescimento até a maturação sexual de girassol e mostarda

Pb no solo - 16, 42, 106 e 90000 mg/kg



♦ sem diferença no crescimento entre 16 e 42 mg/kg.

♦ 106 mg/kg não completou o ciclo de vida

# FITOTOXICIDADE AGUDA

Adaptação da Norma EPA -. Ecological Effects test Guidelines. OPPTS 850.4200 – Seed germination/root elongation toxicity test

## Soluções

Nitrato de **Chumbo**, **Dicromato** de Potássio e Sulfato de **Cobre**

**Espécies Testadas**  
alface e mostarda

## Concentrações Testadas

0, 1, 10, 20, 50, 70, 100, 200, 300, 500 e 1000 mg/L

## Efeitos Avaliados

Germinação e alongamento de raiz ou só alongamento de raiz

## Variáveis do ensaio

Duração - 5 dias      Fotoperíodo - 12 horas      Temperatura - entre 20 e 30 °C

Interpretação estatística dos resultados, em 40 repetições, para estabelecer LOAEC

# VALOR DE PREVENÇÃO ADOTADO PELA CETESB PARA AS SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS

## CONSIDERANDO QUE:

- a pesquisa bibliográfica realizada demonstrou que os dados científicos nacionais não atendem aos critérios de ecotoxicidade;
- os ensaios realizados na CETESB, necessitam de continuidade e as instituições de pesquisa devem gerar mais dados que possam permitir o estabelecimento de valores de prevenção com base em ensaios de ecotoxicidade.

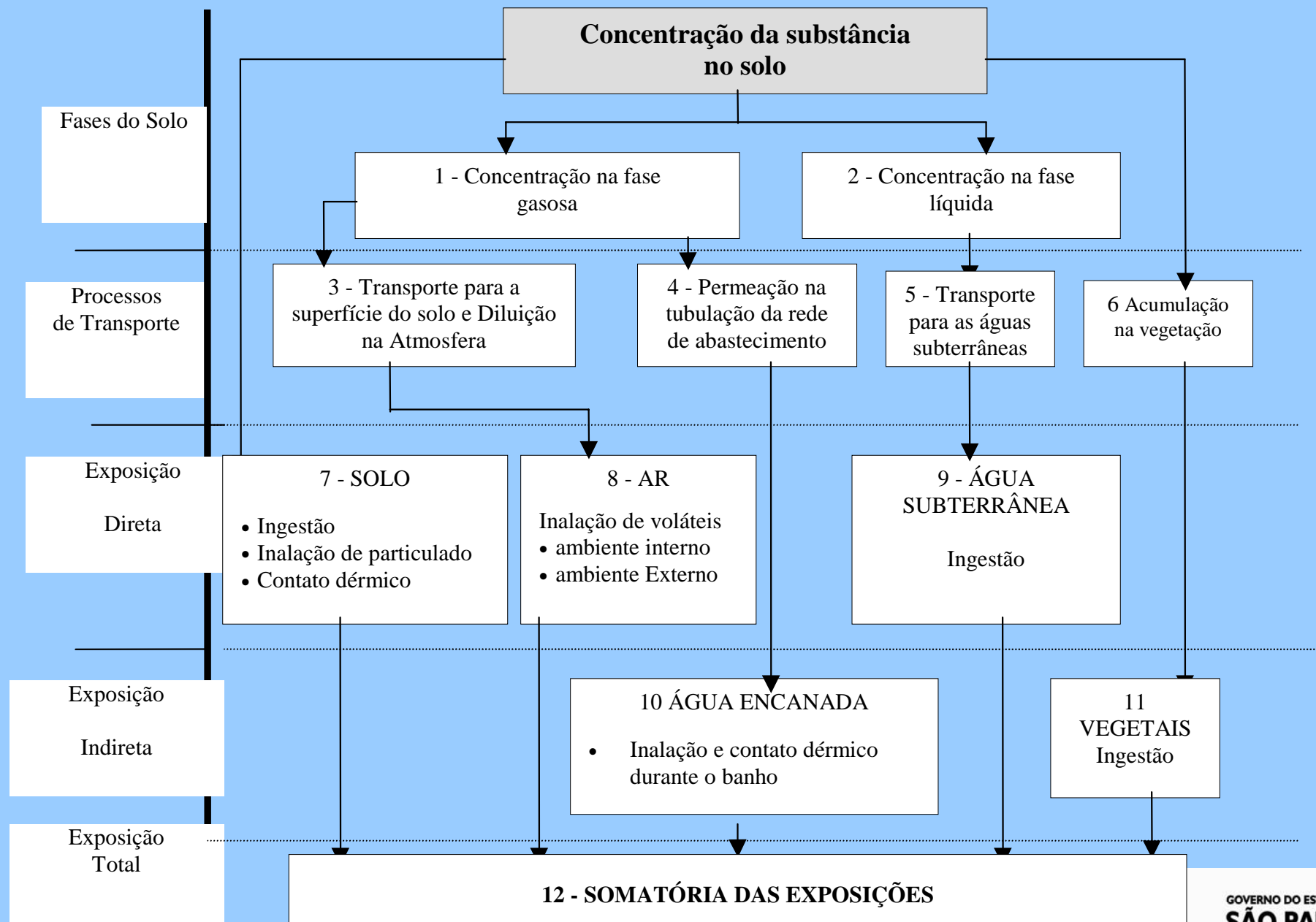
A CETESB decide manter os valores de prevenção publicados em 2001 que foram estabelecidos com base em dados nacionais de fitotoxicidade, **exceto para chumbo e cádmio que** são hoje valores calculados:

- com base na Máxima Adição Permitida- RIVM e
- Dados de ensaios de fitotoxicidade realizado na CETESB.

**METODOLOGIA  
VALOR DE  
INTERVENÇÃO - I**

**DERIVADO COM BASE EM  
AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE  
HUMANA.**

# MODELO CONCEITUAL DE AVALIAÇÃO DE RISCO PARA DERIVAÇÃO DE VALORES DE INTERVENÇÃO PARA SOLO



# AVALIAÇÃO DE RISCO PARA DERIVAÇÃO DE VALORES DE INTERVENÇÃO PARA SOLO

Exposição  
Total

12 - SOMATÓRIA DAS EXPOSIÇÕES

Risco

Derivação dos valores de intervenção a partir  
do cálculo do risco

**EFEITOS NÃO CARCINOGENICOS**

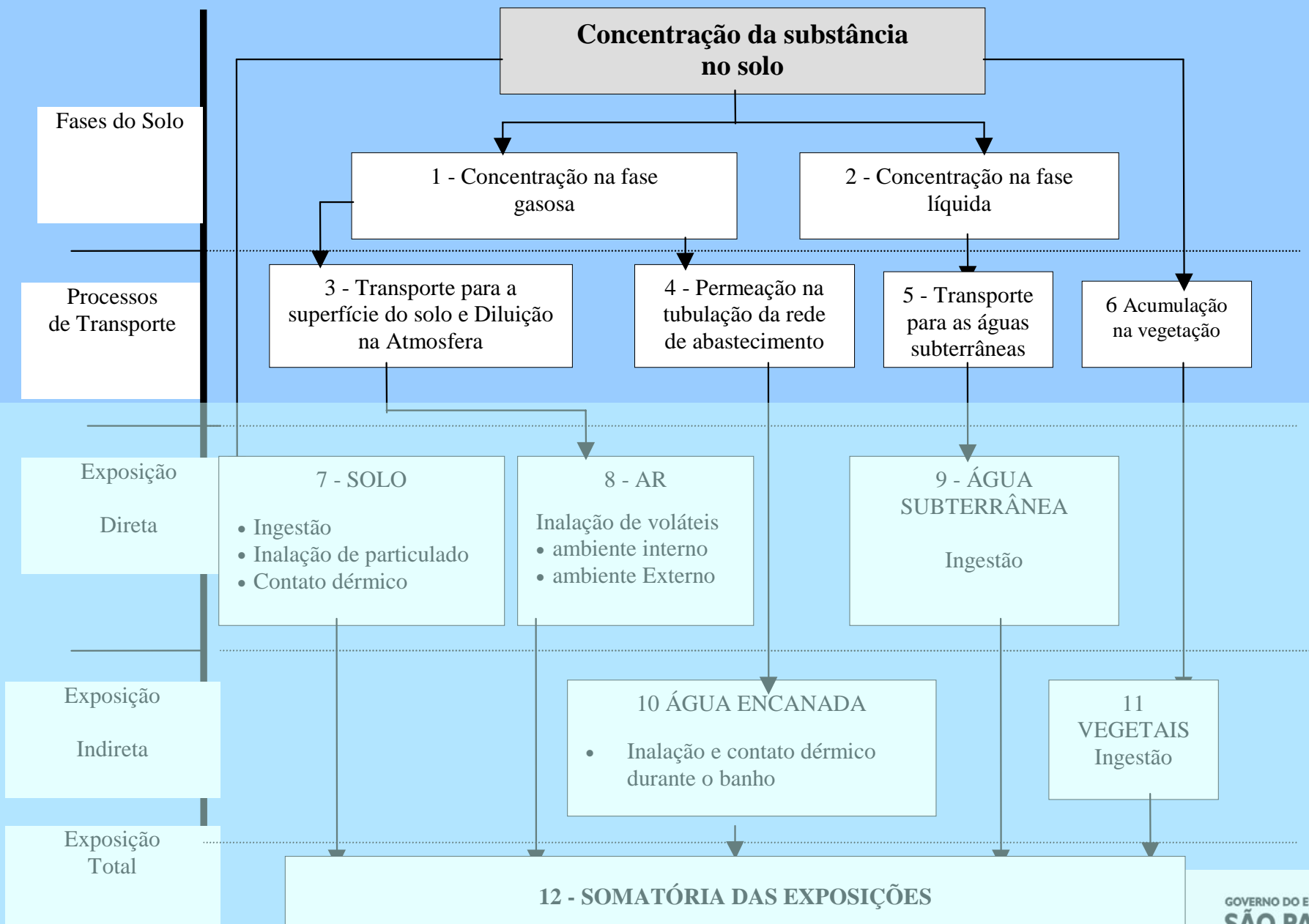
MRP = Ingestão diária tolerável (TDI)

**EFEITOS CARCINOGENICAS**

MRP =  $(1/\text{fator de carcinogenicidade}) \times 10^{-5}$

VI → Somatória das exposições = 1  
MPR

# PARAMETRIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS SUBSTÂNCIAS E DAS VARIÁVEIS PARA O MEIO FÍSICO



# **DISTRIBUIÇÃO NAS DIFERENTES FASES DO SOLO E TRANSPORTE PARA O AR E A ÁGUA SUBTERRÂNEA**

## **PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS SUBSTÂNCIAS**

- **PRESSÃO DE VAPOR A 25°C;**
- **PESO MOLECULAR;**
- **SOLUBILIDADE EM ÁGUA A 25°C;**
- **COEFICIENTE DE PARTIÇÃO DA SUBSTÂNCIA ENTRE SOLO-ÁGUA (KD): ALTERAÇÃO PARA CROMO E NÍQUEL (SOARES, 2004)**
- **COEFICIENTE DE PARTIÇÃO OCTANOL-ÁGUA (KOW);**
- **COEFICIENTE DE PARTIÇÃO DA SUBSTÂNCIA ENTRE SOLO-ÁGUA CORRIGIDO PELA FRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA (KOC);**
- **CONSTANTE DE HENRY;**
- **COEFICIENTE DE PERMEAÇÃO;**
- **COEFICIENTE DE DIFUSÃO NO AR;**
- **FATOR DE BIOCONCENTRAÇÃO (BCF);**



# CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

## VARIÁVEIS QUE INDEPENDEM DOS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO

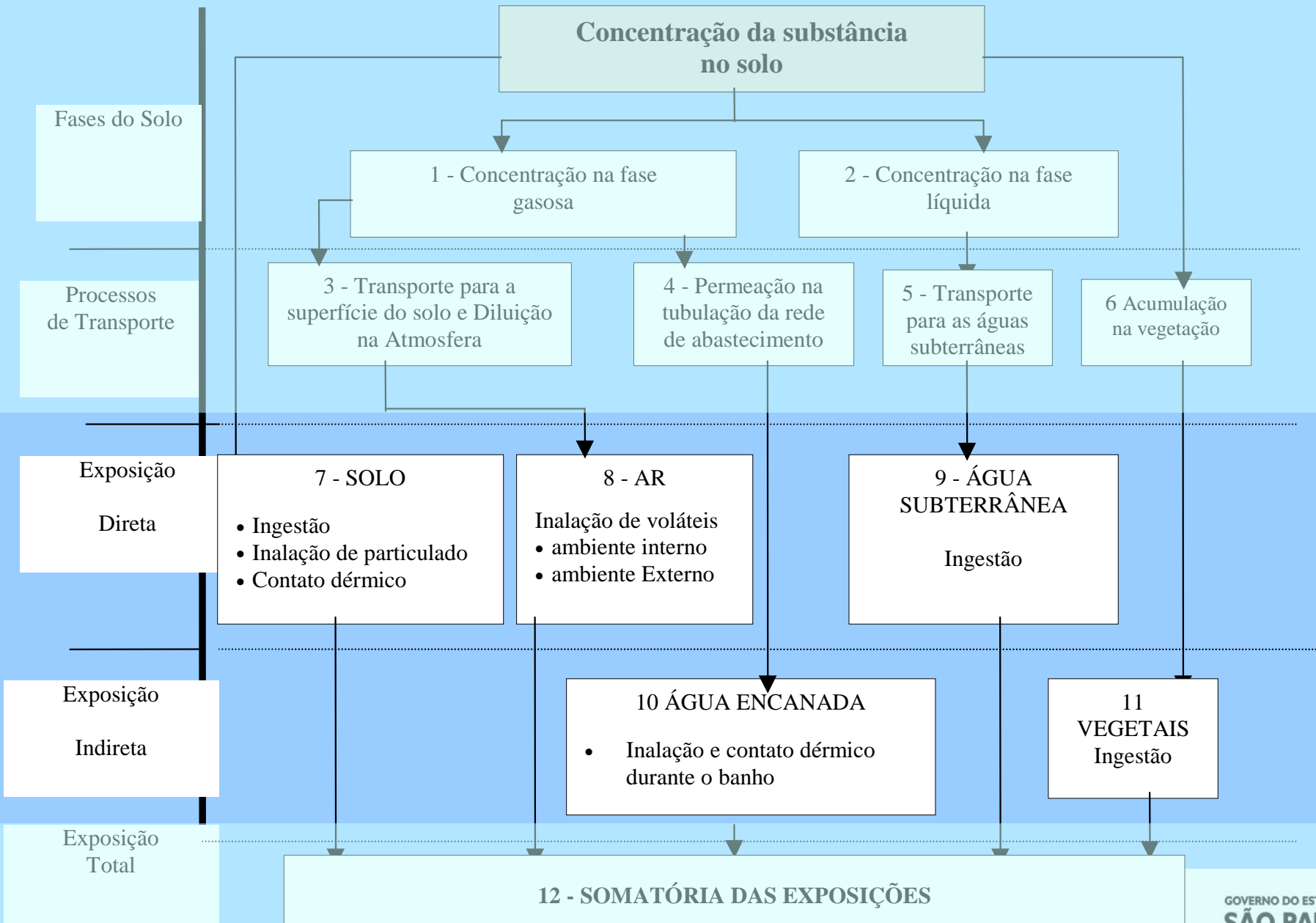
- POROSIDADE TOTAL DO SOLO
- UMIDADE DO SOLO
- DENSIDADE APARENTE
- CONTEÚDO DE CARBONO ORGÂNICO
- TEMPERATURA DO SOLO
- VELOCIDADE DO VENTO
- ÁREA DA CONTAMINAÇÃO
- PROFUNDIDADE DE CONTAMINAÇÃO - ALTERADA DE 1,5M PARA 3,84M
- ESPESSURA DO CONCRETO
- VOLUME DE AR EM BANHEIROS

## • VARIÁVEIS QUE DEPENDEM DOS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO

**Cenários de exposição**                      **Agrícola**    **Residencial**    **Industrial**

|                          |                |      |      |      |
|--------------------------|----------------|------|------|------|
| Ta xa de renovação de ar | V/h            | 1,25 | 0,50 | 0,75 |
| Altura da construção     | m              | 2,00 | 2,00 | 2,50 |
| Área da construção       | m <sup>2</sup> | 50   | 50   | 200  |

# PARAMETRIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DE RECEPTORES E TEMPO DE EXPOSIÇÃO



## CARACTERIZAÇÃO DE RECEPTORES - IBGE 2004

**Peso corpóreo** - passou de 60 para 70 kg para adultos,

**Quantidade de solo ingerido** - variável nos diferentes cenários

**Área corpórea total** - variável nos diferentes cenários

**Área corpórea parcial ou área descoberta da pele** - variável nos diferentes cenários

**Volume de ar inalado** - 22 m<sup>3</sup>/dia para adulto e 15 m<sup>3</sup>/dia para crianças

**Consumo diário de vegetais** (folhas, frutos e tubérculos)

**Consumo diário de água**, 2 L/dia, para adultos, 1 L/dia para crianças.

**Tempo de Permanência** - variável nos diferentes cenários

**Expectativa de vida** - 70 anos -> 64 como adulto e 6 anos como criança.

# VIAS DE EXPOSIÇÕES DIRETAS E INDIRETAS

Exposição  
Total

12 - SOMATÓRIA DAS EXPOSIÇÕES

## VIAS DE EXPOSIÇÃO

**ingestão** de água, solo e tubérculos, folhas e frutos cultivados na área contaminada;

**inalação** de material particulado originado de um solo contaminado e vapores; e

**contato dérmico** com o solo/poeira e com a água durante o banho.

# CÁLCULO DO RISCO

Exposição  
Total

12 - SOMATÓRIA DAS EXPOSIÇÕES

Risco

Derivação dos valores de intervenção a partir  
do cálculo do risco

**EFEITOS NÃO CARCINOGENICOS**

MRP = Ingestão diária tolerável (TDI)

**EFEITOS CARCINOGENICAS**

MRP =  $(1/\text{fator de carcinogenicidade}) \times 10^{-5}$

VI →  $\frac{\text{Somatória das exposições}}{\text{MPR}} = 1$

# DEFINIÇÃO DA DOSE

**Máximo Risco Permitido (MRP):** é a quantidade máxima aceitável de uma substância que um indivíduo pode estar exposto diariamente a vida toda.

**Para efeito não carcinogênico:**

MRP = ingresso diário tolerável (TDI “*tolerable dayle intake*) ou concentração tolerável no ar (TCA )

**Para efeito não carcinogênico:**

MRP = risco de câncer (CR) oral ou por inalação.

$$CR = \frac{1}{\text{fator de carcinogenicidade}} \times \text{risco aceitável}$$

Risco máximo aceitável: probabilidade de ocorrência de um caso adicional de câncer em 100.000 pessoas ( $10^{-5}$ ).

# Dados toxicológicos das substâncias químicas

Os dados toxicológicos adotados foram aqueles revisados pelo Instituto Nacional de Saúde Pública e Meio Ambiente da Holanda (BAARS et al., 2001).

Para as substâncias não constantes do banco de dados Holandês, selecionou-se as propriedades descritas pela USEPA, no Integrated Risk Information System – IRIS.

Estes dados, assim como as propriedades físicas e químicas selecionadas, deverão ser utilizados tanto para a derivação de valores de intervenção como para avaliações de risco caso-a-caso, no gerenciamento de áreas contaminadas sob investigação.

# METODOLGIA DE DERIVAÇÃO DE VALORES DE INTERVENÇÃO PARA **ÁGUA SUBTERRÂNEA**

O VALOR DE INTERVENÇÃO É A CONCENTRAÇÃO DE UMA DETERMINADA SUBSTÂNCIA NO SOLO E **NA ÁGUA SUBTERRÂNEA** ACIMA DA QUAL EXISTEM RISCOS POTENCIAIS DIRETOS E INDIRETOS DE EFEITOS ADVERSOS À SAÚDE, CONSIDERADO UM CENÁRIO DE EXPOSIÇÃO GENÉRICO.

VALORES DE POTABILIDADE DERIVADOS PELA OMS:

VISAM A PROTEÇÃO À SAÚDE HUMANA, **PARA UM CONSUMO DE ÁGUA**, CONSIDERANDO A EXPECTATIVA DE VIDA. TÊM COMO OBJETIVO DAR SUPORTE AO DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO DE RISCO (OMS, 2004).



# VALORES DE INTERVENÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

VALORES DE QUALIDADE ÁGUA POTÁVEL DERIVADOS PELA OMS:

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

EFEITO **NÃO** CARCINOGENICO

ou

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

EFEITO **CARCINOGENICO**

- BW** = peso corpóreo em kg  
**P** = fração do ingresso relativa à via consumo de água subterrânea  
**UR** = Unidade de risco (mg/kg de peso por dia)<sup>-1</sup>.  
**C** = consumo diário de água em litros

# VALORES DE INTERVENÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

**NOS CASOS EM QUE ESTES 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 (OMS, 2004).**

**PORTANTO, OS VALORES LIMITES PARA ÁGUA POTÁVEL SÃO CONCEITUALMENTE IGUAIS AOS VALORES DE INTERVENÇÃO.**

**NO BRASIL, O MINISTÉRIO DA SAÚDE ADAPTOU ESTES VALORES, PUBLICANDO A PORTARIA 518/04, QUE CONTÉM OS PADRÕES DE POTABILIDADE.**

# VALORES DE INTERVENÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

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 OU NO GUIA DE VALORES DE QUALIDADE PARA ÁGUA POTÁVEL DA OMS.

NÃO FORAM UTILIZADOS OS PADRÕES DE ACEITAÇÃO DE CONSUMO, CONSTANTES NA TABELA 5, POIS EM GERAL NÃO ESTÃO RELACIONADOS À RISCO HUMANO.

EXCEÇÃO FOI FEITA AO ALUMÍNIO E AO ZINCO.

OS VALORES DE INTERVENÇÃO PARA OUTRAS SUBSTÂNCIAS FORAM DERIVADOS COM BASE NA METODOLOGIA DESCRITA NO GUIA DA OMS, UTILIZANDO OS MESMOS DADOS TOXICOLÓGICOS UTILIZADOS NA DERIVAÇÃO DOS VALORES DE INTERVENÇÃO PARA SOLO.

# VALORES DE INTERVENÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA

## EFEITO NÃO CARCINOGENICO

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

## FRAÇÕES DE INGRESSO PELA VIA DE CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (P),

- 1% PARA SUBSTÂNCIAS NAS QUAIS A REPRESENTAÇÃO DA VIA CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA FOI INSIGNIFICANTE.
- 50% PARA AS SUBSTÂNCIAS NAS QUAIS A PRINCIPAL VIA DE EXPOSIÇÃO É O CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA; E
- 10% PARA AS DEMAIS SUBSTÂNCIAS.

# CONCLUSÕES

**DESDE 2001 O ESTADO DE SÃO PAULO, LEGALMENTE IMPLEMENTOU E INICIOU A UTILIZAÇÃO DOS VALORES ORIENTADORES PARA A PREVENÇÃO E CONTROLE DA QUALIDADE E CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM TODAS SUAS ATIVIDADES DE LICENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO E GERENCIAMENTO DAS ÁREAS CONTAMINADAS.**

**A ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA PROTEÇÃO DA QUALIDADE DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS É UM PROCESSO DINÂMICO E DEPENDE DA GERAÇÃO DE NOVAS INFORMAÇÕES.**

**A METODOLOGIA DE ESTABELECIMENTO DE VALORES DE PREVENÇÃO E DERIVAÇÃO DE VALORES DE INTERVENÇÃO REFLETE O CONHECIMENTO ATUAL DA CETESB SOBRE O TEMA.**

# CONCLUSÕES

**A CETESB ESPERA CONTRIBUIR COM O CONAMA EM SUA ATRIBUIÇÃO DE DEFINIR AS DIRETRIZES NACIONAIS SOBRE VALORES ORIENTADORES E SUA APLICAÇÃO PARA A PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO BRASIL.**