

## Seção 8.1: Introdução – Avaliação de Risco

A etapa de Avaliação de Risco tem como objetivo geral definir se haverá a necessidade de implementação de medidas de intervenção na área em avaliação ou na sua vizinhança, visando tornar seguros os usos atual ou futuro.

De acordo com o procedimento de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), essa é a última etapa do Processo de Identificação de Áreas Contaminadas, tendo em vista que, caso se confirme a existência de riscos inaceitáveis ou ocorrência de danos, isso determina ou caracteriza a existência de uma Área Contaminada (AC).

Especificamente na etapa de Avaliação de Risco, se busca identificar e caracterizar os riscos acima dos níveis aceitáveis, ou mesmo danos, gerados pela exposição dos bens a proteger às substâncias químicas de interesse (SQI).

Os objetivos específicos e atividades principais dessa etapa são listados a seguir:

- ✓ caracterizar os caminhos de exposição potenciais e reais;
- ✓ caracterizar os riscos aos bens a proteger;
- ✓ caracterizar os danos aos bens a proteger;
- ✓ definir o quarto modelo conceitual da área (MCA 4);
- ✓ propor nova classificação da área em avaliação (Classificação 5);
- ✓ verificar a necessidade de continuidade do GAC;
- ✓ identificar os responsáveis legais e solidários.

Um fluxograma da etapa de Avaliação de Risco está ilustrado na **Figura 8.1-1**.

A metodologia e os critérios a serem observados estão detalhados na **Seção 8.2**, que trata da Identificação e Caracterização dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger.

Finalizadas as atividades de caracterização da etapa Avaliação de Risco, a interpretação das informações geradas será a base para elaborar o quarto modelo conceitual da área (MCA 4) e atualizar a classificação da área (Classificação 5) como Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi), Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME) ou outra classificação possível, conforme **Seção 8.3**.

As áreas classificadas como ACRi ou AME após a etapa de Avaliação de Risco passam a integrar, respectivamente, a Relação de Áreas Contaminadas com Risco Confirmado ou a Relação de Áreas em Processo de Monitoramento para Encerramento, a serem armazenadas no Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas.

A definição da etapa seguinte a ser executada, que fará parte do Processo de Reabilitação de Áreas Contaminadas, dependerá da classificação recebida pela área em avaliação. Quando a área for classificada como ACRi, prossegue-se para a realização da etapa de Elaboração do Plano de Intervenção e, quando a área for

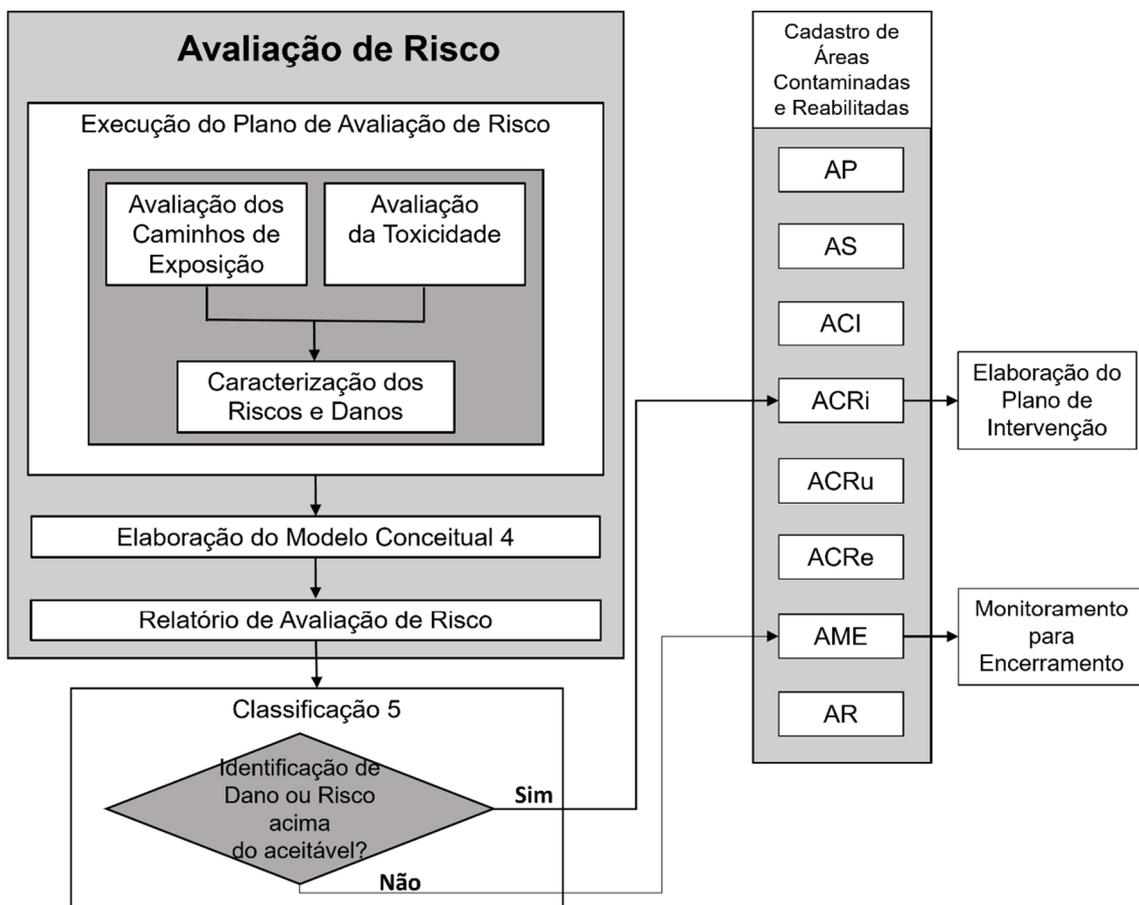
classificada como AME, prossegue-se para a realização da etapa de Monitoramento para Encerramento.

A compilação e a interpretação das informações obtidas durante a realização da Avaliação de Risco são consubstanciadas e apresentadas em um documento denominado Relatório de Avaliação de Risco, de acordo com o especificado na **Seção 8.4**.

Na **Seção 8.5**, é apresentada a Planilha de Avaliação de Risco, elaborada pela CETESB, que pode ser utilizada no cálculo do risco à saúde humana.

Na **Seção 8.6**, são apresentadas orientações para comunicação dos riscos e danos, caracterizados na etapa de Avaliação de Risco.

**Figura 8.1-1: Fluxograma da etapa de Avaliação de Risco**



Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

## Seção 8.2: Identificação e Caracterização dos Riscos aos Bens a Proteger

### Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Identificação e caracterização dos riscos aos bens a proteger .....</b>                | <b>1</b>  |
| 1.1. Avaliação de Risco à Saúde Humana .....   | 2         |
| 1.1.1. Caracterização dos receptores humanos.....  | 2         |
| 1.1.2. Caracterização dos caminhos de exposição .....  | 5         |
| 1.1.3. Caracterização dos pontos de exposição e vias de ingresso .....                       | 5         |
| 1.1.4. Determinação das concentrações representativas das SQIs nos pontos de exposição ..... | 6         |
| 1.1.5. Cálculo do ingresso para cada SQI em cada via de ingresso .....                       | 7         |
| 1.1.6. Compilação das informações toxicológicas das SQI.....                                 | 9         |
| 1.1.7. Cálculo dos riscos à saúde humana .....   | 10        |
| 1.1.8. Determinação das concentrações máximas aceitáveis (CMA).....                          | 13        |
| 1.2. Avaliação de Risco Ecológico.....   | 14        |
| 1.3. Identificação de Risco Considerando Padrões Legais Aplicáveis .....                     | 17        |
| <b>Referências .....</b>   | <b>17</b> |

A etapa de Avaliação de Risco tem como ponto de partida o terceiro modelo conceitual da área (MCA 3) e o Plano de Avaliação de Risco definido na Investigação Detalhada.

Risco é definido como a probabilidade ou a possibilidade de ocorrência de um dano a um bem a proteger, devido à exposição potencial ou real a uma determinada quantidade (concentração ou massa) de Substância Química de Interesse (SQI) nos pontos de exposição.

### 1. Identificação e caracterização dos riscos aos bens a proteger

A identificação e a caracterização dos riscos aos bens a proteger se utiliza de metodologias definidas com bases científicas, que buscam determinar:

- ✓ os caminhos de exposição;
- ✓ a possibilidade ou probabilidade de ocorrer um dano aos bens a proteger (risco).

Os caminhos de exposição são os caminhos percorridos pelas SQIs, a partir das fontes de contaminação primárias, passando pelos compartimentos do meio ambiente contaminados (centro de massa da contaminação, plumas de contaminação e fontes de contaminação secundárias), até o seu contato com os bens a proteger (vias de ingresso).

Por sua vez, a possibilidade ou probabilidade de ocorrer um dano aos bens a proteger pode ser determinada ou calculada a partir da toxicidade ou outras características intrínsecas das SQIs, das suas concentrações e das condições de contato com os receptores nos pontos de exposição.

De acordo com o tipo de bem a proteger, a identificação e caracterização dos riscos pode compreender a execução das seguintes subetapas:

- ✓ Avaliação de Risco à Saúde Humana.
- ✓ Avaliação de Risco Ecológico.
- ✓ Identificação de Risco Considerando Padrões Legais Aplicáveis.

### **1.1. Avaliação de Risco à Saúde Humana**

As atividades previstas na subetapa de Avaliação de Risco à Saúde Humana são:

- ✓ caracterização dos receptores humanos;
- ✓ caracterização dos caminhos de exposição;
- ✓ caracterização dos pontos de exposição e vias de ingresso;
- ✓ determinação das concentrações representativas das SQIs nos pontos de exposição;
- ✓ cálculo do ingresso de cada SQI em cada via de ingresso;
- ✓ compilação das informações toxicológicas das SQIs;
- ✓ cálculo dos riscos à saúde humana;
- ✓ determinação das concentrações máximas aceitáveis (CMA).

#### **1.1.1. Caracterização dos receptores humanos**

Na Avaliação de Risco à Saúde Humana, o bem a proteger é a saúde e a vida humana. Como consequência disso, os bens a proteger se tornam todos os seres humanos – adultos e crianças –, localizados na AC ou no seu entorno, que estão expostos, foram expostos ou que podem estar expostos às SQIs.

A Avaliação Preliminar é a primeira etapa a avaliar a presença de receptores humanos, os quais são incorporados ao primeiro modelo conceitual da área (MCA 1). Após a execução das etapas de Investigação Confirmatória e Investigação Detalhada, as informações sobre os receptores humanos são gradualmente detalhadas, permitindo decidir sobre a sua consideração no quarto modelo conceitual (MCA 4) da etapa de Avaliação de Risco.

A caracterização dos receptores humanos é feita a partir de dados populacionais médios e dados de tempo e frequência de exposição à contaminação. Em conjunto, esses dados são denominados parâmetros de exposição e representam as condições de vida no local em que o receptor humano é ou pode ser exposto à contaminação.

Exemplos dos dados populacionais médios são a massa corpórea, expectativa de vida, área superficial da pele, taxa de inalação diária em ambientes fechados, entre outros.

Os dados de tempo e frequência de exposição são estabelecidos nas unidades de horas/dia e dias/ano, respectivamente. Para o tempo de exposição são definidos valores sobre a inalação de partículas, o contato dérmico com água subterrânea durante a recreação em água superficial e outros. Para a frequência de exposição são definidos valores sobre o contato dérmico com solo para recreação e outros.

A depender dos parâmetros de exposição selecionados, os receptores humanos são divididos entre receptores humanos residenciais (urbanos e rurais) e trabalhadores (comerciais ou industriais e de obras civis).

A importância dessas divisões fica clara quando consideramos que os receptores humanos rurais utilizam o solo para cultivo de alimentos, estando, assim, mais expostos a uma contaminação no solo do que os receptores humanos urbanos. Ou então quando consideramos que um receptor humano residencial pode estar exposto à contaminação 24 horas por dia, mais tempo do que um receptor humano comercial ou industrial, exposto por até 8 horas por dia, em média.

Outro exemplo importante são os trabalhadores de obras civis. Isso porque, as atividades de construção, reforma e manutenção de edificações ou utilidades, podem promover um contato mais próximo dos trabalhadores com o solo e a água subterrânea contaminados, principalmente em atividades de escavação. Também é preciso considerar que esses receptores trabalham algumas vezes em ambientes subterrâneos confinados, sujeitos à ocorrência de explosões – caso a SQI seja inflamável –, ou contato com o compartimento do meio ambiente contaminado com concentrações elevadas das SQIs.

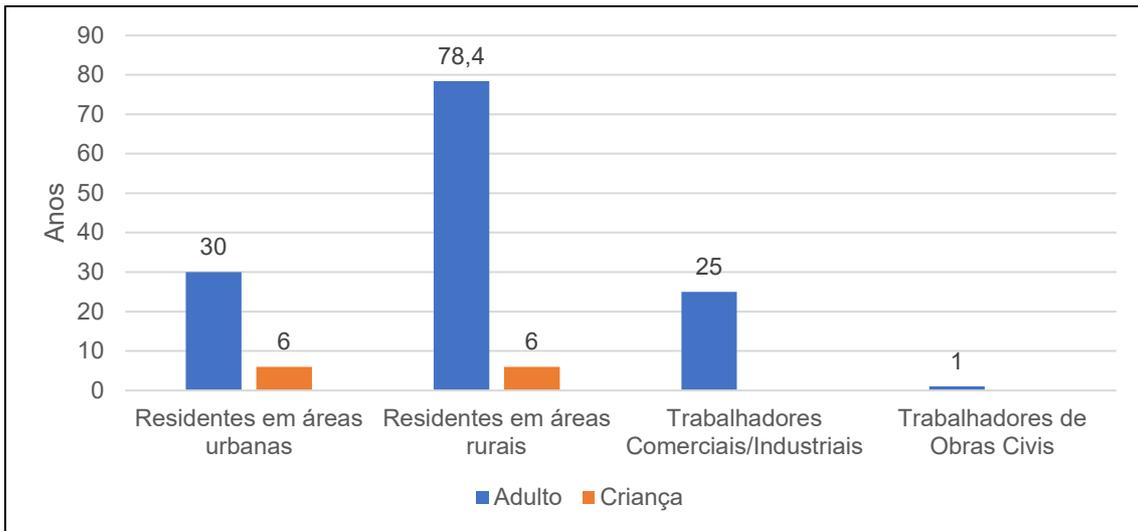
Em grande parte, os receptores humanos considerados na execução da Avaliação de Risco à Saúde Humana pertencem aos seguintes grupos:

- adulto em ambiente residencial urbano;
- criança em ambiente residencial urbano;
- adulto em ambiente residencial rural;
- criança em ambiente residencial rural;
- adulto em ambiente comercial;
- adulto em ambiente industrial;
- trabalhador adulto em obra civil.

Os parâmetros de exposição no estado de São Paulo são estabelecidos e padronizados pela CETESB, com base em diversas fontes de informação e podem ser consultados na Planilha para Avaliação de Risco à Saúde Humana da CETESB (CETESB, 2023).

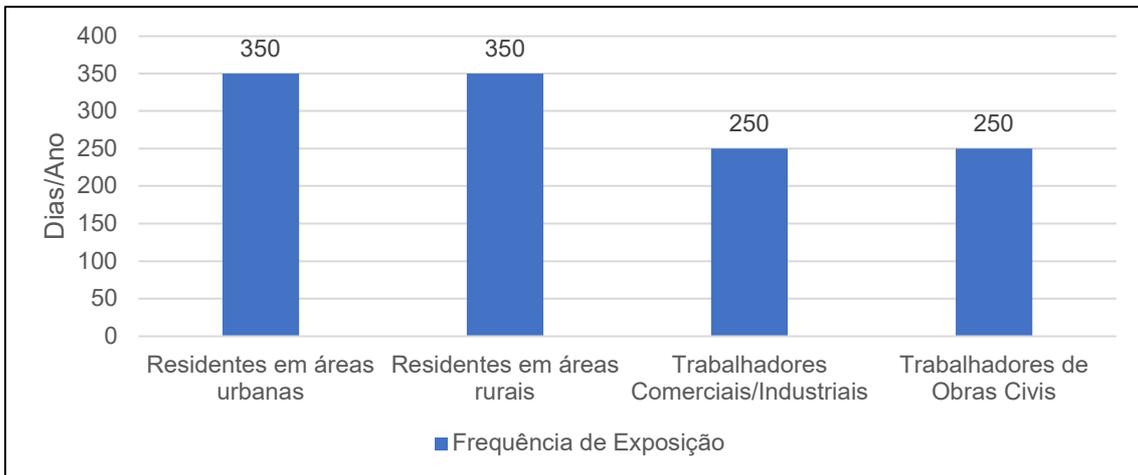
As **Figuras 8.2-1, 8.2-2 e 8.2-3** trazem alguns exemplos de parâmetros de exposição estabelecidos pela CETESB, Órgão Ambiental Gerenciador do Estado de São Paulo.

**Figura 8.2-1 – Parâmetro ED – Duração da exposição (anos)**



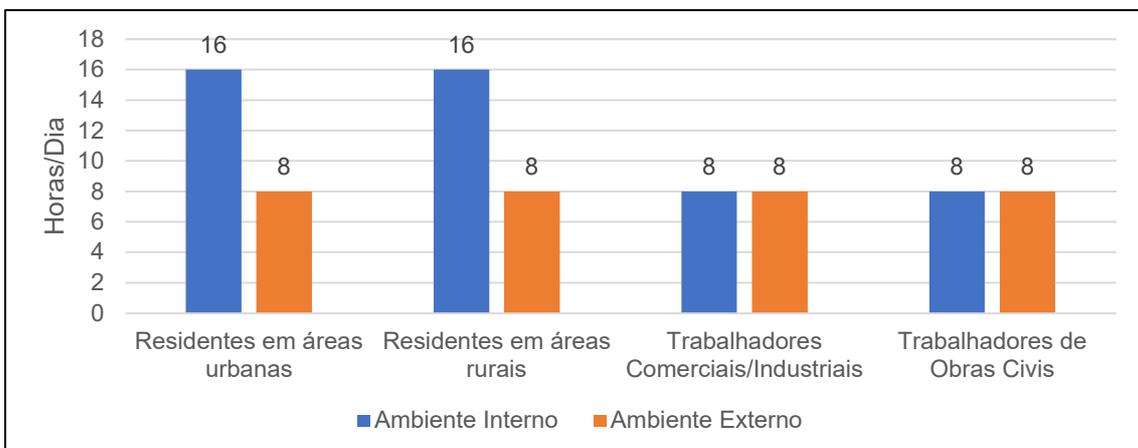
Fonte: CETESB (2023)

**Figura 8.2-2 – Parâmetro EF – Frequência de exposição (dias/ano)**



Fonte: CETESB (2023)

**Figura 8.2-3 – Parâmetro ET – Tempo de exposição para inalação de vapores em ambientes abertos e fechados (horas/dia)**



Fonte: CETESB (2023)

### 1.1.2. Caracterização dos caminhos de exposição

O caminho de exposição compreende a rota que uma determinada SQI faz, desde a sua liberação na fonte de contaminação primária até entrar em contato com o bem a proteger, no caso, o receptor humano.

Esses caminhos precisam ser definidos para todas as SQIs capazes de atingir, que atinjam ou atingiram cada um dos receptores humanos identificados na AC ou na sua vizinhança.

A caracterização dos caminhos de exposição é feita com base nos resultados da etapa de Investigação Detalhada e do terceiro modelo conceitual (MCA 3), a partir do entendimento dos processos de liberação das SQIs pelas fontes de contaminação primária, dos processos de transporte das SQIs nos compartimentos do meio ambiente contaminados, dos processos de transferência das SQIs entre os compartimentos do meio ambiente e dos processos de contato e absorção das SQIs pelos receptores humanos (vias de ingresso).

Os caminhos de exposição podem ser reais ou potenciais. O caminho de exposição real ocorre quando os receptores humanos foram expostos à contaminação, ou seja, tiveram contato com a SQI identificada. Um exemplo seria a constatação de uma ou mais SQIs na água subterrânea coletada em um poço de abastecimento, que vem sendo utilizado rotineiramente para consumo humano, com concentrações acima da potabilidade.

No caminho de exposição potencial, o contato do receptor humano com a SQI não foi comprovado, no entanto, existe a possibilidade desse contato ocorrer ou ter ocorrido a qualquer momento, dadas as condições encontradas na área. Podemos citar como exemplo a detecção de concentrações de vapores de determinada SQI no contrapiso de uma residência em concentrações acima dos níveis considerados aceitáveis, fato que confirma a possibilidade de haver exposição do receptor humano à SQI pela inalação do ar ambiente em ambiente fechado localizado acima do referido contrapiso.

### 1.1.3. Caracterização dos pontos de exposição e vias de ingresso

Em um determinado ponto do caminho de exposição ocorre, ou pode ocorrer, o contato do receptor humano com a SQI. Esse ponto é denominado ponto de exposição, e nele as SQIs ingressam, ou podem ingressar, nos receptores humanos.

A maneira como as SQIs ingressam nos receptores humanos é descrita por meio do conceito de “via de ingresso”, podendo ocorrer pela pele, boca e nariz (contato dérmico, ingestão e inalação).

Por exemplo, SQIs voláteis podem migrar pela zona não saturada, adentrarem espaços confinados e seus vapores serem inalados pelos receptores humanos localizados em ambientes fechados.

Assim, as principais vias de ingresso das SQIs que podem existir nos pontos de exposição para os receptores humanos são listadas a seguir:

- ✓ Ingestão:
  - ingestão de solo contaminado (solo, sedimento, rocha ou materiais antrópicos);
  - ingestão de água superficial contaminada;
  - ingestão de água subterrânea contaminada;

- ingestão de vegetais contaminados.
- ✓ Inalação:
  - inalação de ar contaminado com vapores de substâncias tóxicas;
  - inalação de partículas de solo contaminado.
- ✓ Contato dérmico:
  - contato dérmico com solo contaminado (solo, sedimentos, rochas ou materiais antrópicos);
  - contato dérmico com água subterrânea contaminada;
  - contato dérmico com águas superficiais contaminadas.

Destaca-se que o termo “solo”, com a finalidade de simplificação, é utilizado frequentemente, durante a execução das etapas do GAC, para se referir à fase sólida do meio subterrâneo (ver **Seção 1.4** e **Seção 1.5**), que pode ser constituída pelo próprio solo e/ou por outros materiais naturais, como rochas ou sedimentos, além de materiais antrópicos, como materiais de aterro e/ou partes de edificações.

#### **1.1.4. Determinação das concentrações representativas das SQIs nos pontos de exposição**

Dependendo da situação, as concentrações das SQIs nos pontos de exposição podem ser determinadas diretamente ou por meio de modelagem matemática. Para situações futuras ou receptores localizados fora dos limites da área contaminada, geralmente são utilizados modelos matemáticos para determinar a concentração no ponto de exposição.

De maneira direta, as concentrações representativas das SQIs nos pontos de exposição podem ser determinadas por meio de monitoramento com análises químicas de amostras dos compartimentos do meio ambiente coletadas nos pontos de exposição. A modelagem matemática também pode ser utilizada nesse caso (para o futuro ou para o passado), a partir de resultados de amostras coletadas fora dos pontos de exposição, considerando as características de fluxo e transporte das SQIs nos compartimentos do meio ambiente.

Também é possível considerar o uso de modelagem matemática quando existem dados de monitoramento no ponto de exposição, no entanto, em termos temporais, faltam dados para representar o período de exposição.

Para receptores dentro da área contaminada, a modelagem matemática também pode ser útil quando existem dificuldades para se obter uma amostra representativa do compartimento do meio ambiente no ponto de exposição, como é o caso do ar ambiente relacionado à via de ingresso de inalação de vapores. Nessas situações, pode-se utilizar concentrações determinadas no vapor do solo ou na pluma de contaminação em fase dissolvida para se modelar a concentração da SQI no ar ambiente.

Para o cálculo do risco, utiliza-se as maiores concentrações obtidas das SQIs, ou concentrações decorrentes de tratamento estatístico, que representem as condições junto ao receptor humano avaliado (no ponto de exposição), ou seja, aquela que está, esteve ou poderá estar em contato com o receptor humano.

A utilização de concentrações máximas é uma abordagem mais simples e conservadora, que, entretanto, pode superestimar os riscos calculados, quando as concentrações variam temporalmente ou espacialmente na área em avaliação.

No caso de tratamentos estatísticos, para uma média aritmética de valores a serem utilizados, é possível adotar o limite superior gerado no cálculo do intervalo de confiança de 95%.

O valor calculado para o limite superior do intervalo de confiança de 95% indica que há 95% de chance de a média de concentrações ser igual ou inferior a esse valor. Existe a possibilidade de aplicá-lo em diversas situações, como determinar concentrações no ponto de exposição, definir concentrações de *background* e outras discrepantes do conjunto de dados.

A Agência Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA) disponibiliza na internet uma ferramenta denominada ProUCL, para determinação de valores do limite superior do intervalo de confiança de 95%, e outros valores estatísticos, em trabalhos ambientais. Essa ferramenta pode ser acessada no seguinte link: <https://www.epa.gov/land-research/proucl-software> (USEPA, 2024).

Quando o limite superior do intervalo de confiança de 95% for maior do que a concentração máxima, recomenda-se utilizar a concentração máxima no cálculo do risco.

Nos casos em que não for possível definir um ponto de exposição, pois o receptor é exposto a uma contaminação espalhada por uma determinada área, como em situações de solo superficial contaminado, é importante que seja avaliado o padrão de movimentação do receptor no local. Ao cruzar os locais de movimentação do receptor com a distribuição da contaminação no compartimento do meio ambiente, pode-se definir a área de exposição à contaminação. Nessa área de exposição as concentrações nos centros de massa podem não ser adequados para o cálculo do risco, podendo-se, alternativamente, obter a concentração representativa da SQI a partir da coleta de amostras em uma malha regular, de maneira randômica, ou utilizando-se da coleta de amostras multi-incremento.

O uso de concentrações máximas ou valores provenientes de tratamento estatístico na Avaliação de Risco à Saúde Humana é uma decisão com grande influência do julgamento profissional do responsável técnico. No entanto, o Órgão Ambiental Gerenciador possui a discricionariedade de adotá-lo ou não em uma análise caso a caso.

#### 1.1.5. Cálculo do ingresso para cada SQI em cada via de ingresso

O “ingresso” é a grandeza que expressa a massa da SQI que ingressa no receptor humano, por unidade de peso, por dia. Sua quantificação é necessária para todas as vias de ingresso identificadas, pois é parte da equação de cálculo do risco, no caso de substâncias carcinogênicas, e da equação do quociente de risco, no caso de substâncias não carcinogênicas, descritas no subitem 1.1.7.

A **Equação 1** geral para o cálculo do ingresso é exibida a seguir:

$$I = C_x \frac{CR \times EFD}{BW} \times \frac{1}{AT} \quad (1)$$

Onde:

I – Ingresso (mg/kg-dia).

Variável relacionada à SQI:

C – Concentração representativa da SQI (mg/L) no compartimento do meio ambiente no ponto de exposição.

Variáveis relacionadas às populações expostas:

CR – Taxa de contato – quantidade do compartimento do meio ambiente em contato com o receptor humano, por unidade de tempo ou evento (por exemplo, L/dia).

EFD – Frequência de exposição e duração – descreve quão longa e frequente é a exposição. Geralmente utiliza-se dois termos:

EF – Frequência de exposição (dias/ano).

ED – Duração da exposição (anos).

BW – Peso corporal médio durante a exposição (kg).

Variável relacionada à avaliação:

AT – Tempo médio em que a exposição é avaliada (dias).

Para a determinação do ingresso a partir das diferentes vias de ingresso listadas no subitem 1.1.3, são estabelecidas outras equações específicas, semelhantes à equação geral apresentada, cada uma delas considerando as particularidades existentes quanto à maneira de contato e ingresso da SQI no receptor humano.

A título de exemplo, para se avaliar o contato dérmico com o solo, a seguinte **Equação 2** do ingresso é utilizada:

$$\text{Ingresso (dose absorvida)} = CS \times CF \times \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW} \times \frac{1}{AT} \quad (2)$$

Onde:

I – Ingresso (mg/kg-dia).

Variável relacionada à SQI:

CS – Concentração da SQI no solo (ex. mg/kg).

CF – Fator de conversão ( $10^{-6}$  kg/mg).

Variáveis relacionadas às populações expostas:

SA – Área superficial da pele disponível para contato ( $\text{cm}^2/\text{evento}$ ).

AF – Fator de aderência do solo à pele ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).

ABS – Fator de absorção (adimensional).

EF – Frequência de exposição (eventos/ano).

ED – Duração da exposição (anos).

BW – Peso corporal (kg).

Variável relacionada à avaliação:

AT – Tempo médio em que a exposição é avaliada (dias).

As equações para determinação do ingresso nas vias de ingresso listadas no subitem 1.1.3, e outras, podem ser consultadas no documento da USEPA *Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): Part A* (USEPA, 1989).

Na avaliação da exposição, são somados os ingressos de determinada SQI relacionada às diferentes vias de ingresso em que esteja presente.

Na Avaliação de Risco à Saúde Humana, as exposições de baixa concentração da SQI por um longo período, normalmente, são as de maior interesse. Essas são caracterizadas como exposições crônicas. Em algumas situações, outros intervalos de tempo de exposição mais curtos, como as exposições subcrônicas ou agudas, podem ser de interesse, especificamente para os riscos não carcinogênicos.

Para as substâncias carcinogênicas, adota-se a premissa de que uma alta dose recebida em um curto intervalo de tempo é equivalente à exposição da mesma substância em pequenas doses por um longo intervalo de tempo. Portanto, no cálculo do ingresso, a dose recebida é distribuída em pequenas doses ao longo do tempo de vida (parâmetro AT).

No caso de substâncias não carcinogênicas, as exposições podem ser tratadas como crônicas, subcrônicas ou agudas. Nas exposições crônicas e subcrônicas, a dose de ingresso é distribuída pelo tempo de exposição considerado. Em exposições agudas, pode-se definir a exposição como um evento, que pode ter duração de um dia ou até mesmo de um único evento de exposição.

#### **1.1.6. Compilação das informações toxicológicas das SQI**

As informações toxicológicas indicam quão tóxica é uma determinada SQI, quando interage com o metabolismo de um determinado receptor humano. Essas informações não estão disponíveis para todas as substâncias químicas existentes ou já produzidas pelo homem, pois a sua determinação é complexa e custosa. No entanto, para as principais substâncias identificadas como tóxicas aos seres humanos, existem informações compiladas em bancos de dados toxicológicos especializados.

Por conta da complexidade de obtenção, as informações toxicológicas não são produzidas pelo responsável técnico durante a realização da Avaliação de Risco à Saúde Humana, sendo, portanto, obtidas em bancos de dados confiáveis, muitos deles com dados revisados por pares, alimentados e atualizados continuamente por pesquisas científicas.

A Agência Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA) estabeleceu por meio da “OSWER Directive” 9285.7-53 (USEPA, 2003), como hierarquia na obtenção de informações toxicológicas, a seguinte ordem de prioridade dos bancos de dados:

1. *Integrated Risk Information System* – IRIS, desenvolvido pela USEPA.
2. *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values* – PPRTV, desenvolvido pela USEPA.
3. Outros bancos de dados:
  - a. *The California Environmental Protection Agency Toxicity Values*, desenvolvido pela Agência Ambiental do Estado da Califórnia.
  - b. *The Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) Minimal Risk Levels*.

A Planilha de Avaliação de Risco à Saúde Humana da CETESB (CETESB, 2023), tratada na **Seção 8.5**, contém, embutido em seu sistema, um banco de dados de informações toxicológicas já de acordo com a hierarquia utilizada pela USEPA, pois tem como fonte os dados utilizados para a determinação dos *Regional Screening Levels* (RSL).

Para o cálculo do risco, as seguintes informações toxicológicas são obtidas dos bancos de dados, cujas definições foram adaptadas da página *Users Guide* da USEPA:

- Dose de Referência (RfD): é uma estimativa da exposição oral diária de uma SQI, à qual uma população pode estar exposta, provavelmente sem riscos apreciáveis de causar danos à saúde durante o tempo de vida. Podem existir doses de referência para eventos crônicos ou agudos.
- Concentração de Referência (RfC): é a estimativa de uma exposição contínua por inalação de uma SQI por parte de uma população humana, provavelmente sem riscos apreciáveis de causar danos à saúde durante o tempo de vida. Podem existir concentrações de referência para eventos crônicos ou agudos.
- *Inhalation Unit Risk* (IUR): consiste no limite superior do risco de desenvolvimento de câncer, durante o tempo de vida, como resultado de uma exposição contínua a uma SQI, a uma concentração de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de ar.
- *Slope Factor* (SF): são dados toxicológicos usualmente utilizados para avaliar o risco potencial de uma SQI causar câncer. É utilizado na avaliação de risco para estimar um limite superior da probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer durante o tempo de vida, devido à exposição a determinado nível de uma SQI com potencial carcinogênico.

Observa-se que é necessário considerar o tempo de exposição (crônica, subcrônica ou aguda) na seleção de informações toxicológicas para os efeitos não carcinogênicos. O programa *Superfund* da USEPA (1989) tem, como diretriz geral, considerar uma divisão temporal para a exposição subcrônica de duas semanas até sete anos, e exposição crônica de sete anos até o tempo de vida.

Essa linha de corte temporal não é consenso, pois existem outras métricas para defini-la. Os trabalhos de obtenção de valores de toxicidade do IRIS, desenvolvido pela USEPA, consideram exposições agudas com duração de 24 horas ou menos. A exposição subcrônica é definida como repetidas exposições pela via oral, dermal ou inalatória por mais de 30 dias, até aproximadamente 10% do tempo de vida. A exposição crônica é definida como repetidas exposições por mais de aproximadamente 10% do tempo de vida.

### 1.1.7. Cálculo dos riscos à saúde humana

Para calcular os riscos de cada SQI, considerando cada caminho de exposição e vias de ingresso relacionadas a cada receptor humano, são utilizadas as informações disponíveis no MCA 3 e, se necessário, informações eventualmente determinadas durante a própria execução da Avaliação de Risco à Saúde Humana.

A quantificação dos riscos à saúde humana pode ser feita por meio da Planilha para Avaliação de Risco à Saúde Humana da CETESB (CETESB, 2023), tratada na **Seção 8.5**.

Os seguintes cálculos são utilizados para a obtenção de um valor quantitativo para o risco à saúde humana em áreas contaminadas:

- Para substâncias carcinogênicas (**Equação 3**):

$$\text{Risco} = I \times SF \quad (3)$$

Onde:

Risco – probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer (adimensional).

I - Ingresso diário crônico estimado para o tempo de vida (mg/kg-dia).

SF – *Slope factor* ((mg/kg-dia)<sup>-1</sup>).

- Para substâncias não carcinogênicas, o risco é quantitativamente representado pelo quociente de risco (**Equação 4**):

$$\text{Quociente de risco} = \frac{I}{RfD} \quad (4)$$

Onde:

I – Ingresso (mg/kg-dia).

RfD – Dose de referência (mg/kg-dia).

- Para a via de exposição por inalação de substâncias carcinogênicas (**Equação 5**):

$$\text{Risco} = IUR \times EC \quad (5)$$

Onde:

IUR – Inhalation Unit Risk (µg/m<sup>3</sup>).

EC – Concentração de exposição (µg/m<sup>3</sup>).

Para a via de exposição de inalação utiliza-se uma concentração de exposição (EC), e não o ingresso. A fórmula de cálculo do parâmetro EC está indicada a seguir (**Equação 6**):

$$EC = CA \times (ET \times EF \times ED) \frac{1}{AT} \quad (6)$$

Onde:

Variável relacionada à SQT:

CA – Concentração da contaminação no ar (µg/m<sup>3</sup>).

Variáveis relacionadas às populações expostas:

ET – Tempo de exposição (horas/dia).

EF – Frequência de exposição (dias/ano).

ED – Duração da exposição (anos).

Variável relacionada à avaliação:

AT – Tempo médio em que a exposição é avaliada (tempo de vida).

- Para a via de exposição por inalação de substâncias não carcinogênicas (**Equação 7**):

$$\text{Quociente de risco} = \frac{EC}{RfC \times 1000 \mu\text{g}/\text{mg}} \quad (7)$$

Onde:

EC – Concentração de exposição ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

RfC – Concentração de referência apropriada para o cenário – agudo, subcrônico, crônico ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

A determinação do parâmetro EC segue as seguintes equações:

Exposições agudas (**Equação 8**):

$$EC = CA \quad (8)$$

Onde:

CA – Concentração do contaminante no ar ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Exposições crônicas e subcrônicas (**Equação 9**):

$$EC = CA \times (ET \times EF \times ED) \times \frac{1}{AT} \quad (9)$$

Onde:

Variável relacionada à SQI:

CA – Concentração da contaminação no ar ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Variáveis relacionadas às populações expostas:

ET – Tempo de exposição (horas/dia).

EF – Frequência de exposição (dias/ano).

ED – Duração da exposição (anos).

Variável relacionada à avaliação:

AT – Tempo médio em que a exposição é avaliada ( $ED \times 365 \frac{\text{dias}}{\text{ano}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}$ ).

No caso de ocorrer a exposição dos receptores humanos a mais de uma SQI e por diversas vias de ingresso, inicialmente são calculados os riscos parciais gerados na exposição a cada SQI, a partir de cada via de ingresso.

Em seguida, para a SQI com a possibilidade de entrar em contato com o receptor humano por mais de uma via de ingresso, somam-se os riscos calculados em cada via, tomando-se o cuidado de somar separadamente os riscos conforme os efeitos, carcinogênicos e não carcinogênicos, se houver.

Finalmente, é feito o cálculo do risco total, que é a soma de todos os riscos para todas as SQIs e vias de ingresso relacionadas a cada receptor humano. Como o risco total envolve a soma dos riscos advindos de diferentes SQIs, é necessário que se considere as características das SQIs, agrupando-as em função dos seus efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos.

No caso da determinação do risco total, a soma dos riscos relacionados às substâncias não carcinogênicas poderá se aplicar somente àquelas que possuam mecanismos semelhantes de ação.

Caso o risco calculado por via de ingresso, por receptor humano ou o risco total seja superior ao nível de risco aceitável, haverá a possibilidade da ocorrência de danos significativos aos receptores humanos avaliados. Isso implica na necessidade de adoção de medidas de intervenção, visando à eliminação dos riscos ou à sua redução para níveis aceitáveis.

### 1.1.8. Determinação das concentrações máximas aceitáveis (CMA)

A caracterização dos riscos à saúde humana se faz de maneira quantitativa, possibilitando comparar o risco calculado com o nível de risco considerado aceitável, previamente definido por meio de legislação.

No Brasil, o nível de risco considerado aceitável para os receptores humanos é definido na [Resolução CONAMA nº 420/2009](#) (Brasil, 2009), sendo adotado o valor de  $1 \times 10^{-5}$  como o limite aceitável de risco total à saúde humana para exposição a substâncias carcinogênicas, e o valor correspondente ao limite de aceitação para o quociente de risco total igual a 1 (um) para substâncias não carcinogênicas.

A ultrapassagem do nível de risco aceitável ao receptor humano também pode ser estimada com base nos padrões legais aplicáveis (PLA), como, por exemplo, os padrões de potabilidade. A presença de concentrações de uma determinada SQI acima do padrão de potabilidade nas águas subterrâneas utilizadas para consumo, indica a existência de risco inaceitável à saúde humana para os receptores humanos que utilizam essa água, e a conseqüente necessidade de adoção de medidas de intervenção, visando evitar a exposição dos receptores identificados à essa SQI. Nessa situação, os PLAs são considerados como CMAs para a via de ingresso de ingestão de águas subterrâneas.

Após o cálculo dos riscos, são determinadas as respectivas CMAs nos pontos de exposição, as quais servirão como metas das medidas de remediação, ou como CMAs denominadas “controladoras” das medidas de controle de engenharia (MCE) ou das medidas de controle institucional (MCI), caso sejam previstas na etapa de Elaboração do Plano de Intervenção.

As CMAs podem ser calculadas utilizando-se da mesma fórmula do cálculo do risco, por meio de operações de álgebra. No lugar do risco, utiliza-se o valor para o risco aceitável, isolando a variável de concentração, parte da fórmula do ingresso, que passa a ser chamada de Concentração Máxima Aceitável. O exemplo a seguir ilustra a obtenção da fórmula da CMA para um risco carcinogênico (**Equação 10**):

$$\text{Risco} = I \times SF \quad (10)$$

em que:

$$I = C_x \frac{CR \times EFD}{BW} \times \frac{1}{AT} \quad (11)$$

assim:

$$\text{Risco} = \left( C_x \frac{CR \times EFD}{BW} \times \frac{1}{AT} \right) \times SF \quad (12)$$

Rearranjando os termos e substituindo Risco =  $10^{-5}$  (risco aceitável) (**Equações 13, 14 e 15**):

$$\left( C_x \frac{CR \times EFD}{BW} \times \frac{1}{AT} \right) = \frac{\text{Risco}}{SF} \quad (13)$$

$$CMA_x \frac{CR \times EFD}{BW} \times \frac{1}{AT} = \frac{10^{-5}}{SF} \quad (14)$$

$$CMA = \frac{10^{-5}}{SF} \times \frac{BW}{CR \times EFD} \times AT \quad (15)$$

Onde:

CMA – Concentração máxima aceitável (mg/L).

Variáveis relacionadas às populações expostas:

CR – Taxa de contato – quantidade do compartimento do meio ambiente contaminado em contato com o receptor humano, por unidade de tempo ou evento (L/dia).

EFD – Frequência de exposição e duração – descreve quão longa e frequente é a exposição. Geralmente utiliza-se dois termos:

EF – Frequência de exposição (dias/ano).

ED – Duração da exposição (anos).

BW – Peso corporal médio durante a exposição (kg).

Variável relacionada à avaliação:

AT – Tempo médio em que a exposição é avaliada (dias).

Variável relacionada à SQI:

SF – *Slope factor*  $((\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{dia})^{-1})$ .

Assim como ilustrado nesse exemplo, para cada via de ingresso, cada uma com sua fórmula específica de cálculo, os termos na equação do risco podem ser rearranjados da mesma maneira, com o objetivo da obtenção das CMAs nos demais compartimentos do meio ambiente.

## 1.2. Avaliação de Risco Ecológico

A subetapa de Avaliação de Risco Ecológico é executada nas situações em que seja identificado, a partir dos resultados da Investigação Detalhada, um bem ecológico sob influência, ou potencialmente sob influência, de uma ACI.

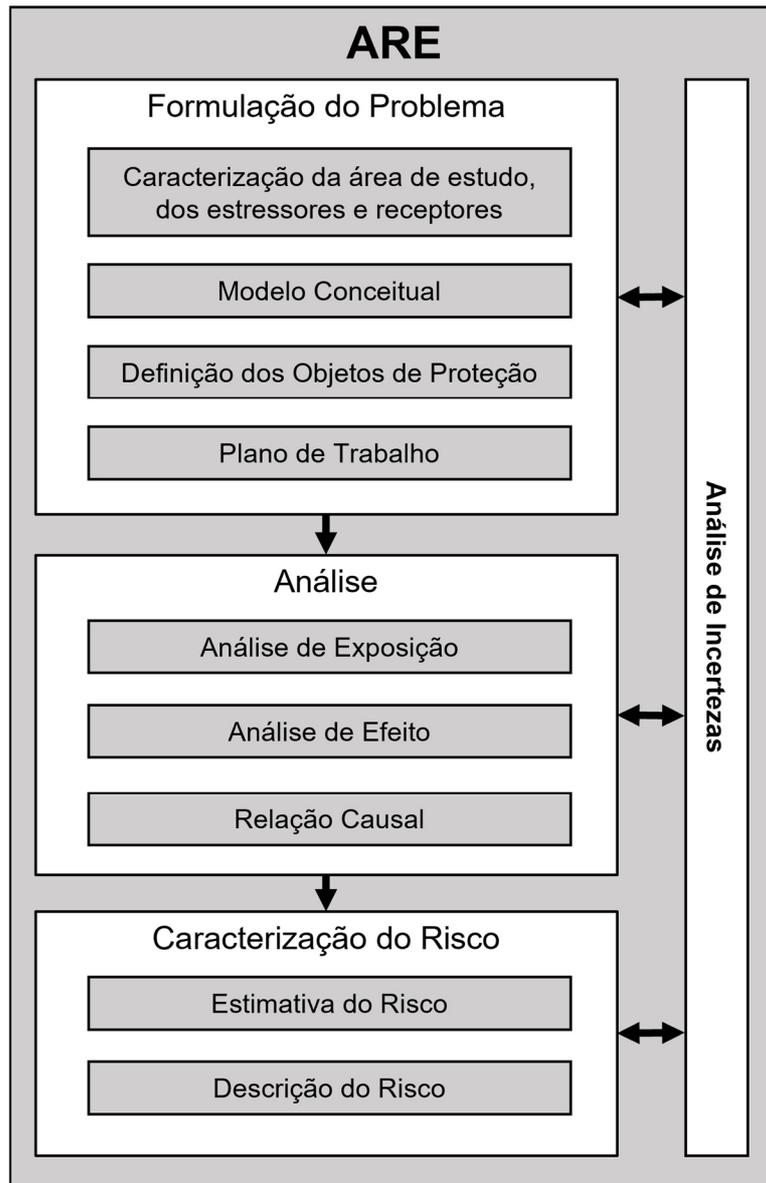
A Avaliação de Risco Ecológico (ARE) em AC é uma linha de investigação que tem como objetivo avaliar, qualitativa e quantitativamente, o risco a que um bem ecológico

que se quer proteger pode estar submetido, mediante alguma alteração antrópica de natureza química.

As diretrizes e procedimentos para a realização da Avaliação de Risco Ecológico em uma AC estão descritos em detalhe na Norma de Avaliação de Risco Ecológico da CETESB P4.001 (CETESB, 2022)

A ARE compreende a execução de três etapas: Formulação do Problema, Análise e Caracterização de Risco (ver **Figura 8.2-4**).

**Figura 8.2-4 – Etapas para a execução de uma ARE**



Fonte: CETESB (2022)

O estudo se inicia com a etapa de Formulação do Problema, que engloba a caracterização da área de interesse e de seu entorno, a seleção e caracterização dos estressores e dos receptores ecológicos, o levantamento dos caminhos de exposição, das vias de ingresso, do modo de ação do estressor, a elaboração do modelo conceitual da ARE e a definição do(s) objeto(s) de proteção (*assessment endpoint*), levando em consideração os receptores ecológicos e seus respectivos atributos. Com base nessas

informações, o trabalho continua com a elaboração de um Plano de Trabalho para subsidiar a Análise e Caracterização do Risco.

O Plano de Avaliação de Risco Ecológico é elaborado considerando as informações obtidas no MCA 3 e outras adicionais, a serem coletadas durante a Formulação do Problema da subetapa de Avaliação de Risco Ecológico.

Também faz parte do conteúdo do plano a apresentação da Metodologia de Avaliação de Risco Ecológico a ser utilizada, contendo sua descrição completa e justificativa, incluindo o desenho amostral, a base dos cálculos e os critérios que definirão o nível de risco aceitável.

A Análise do Risco é executada por compartimento do meio ambiente, para caracterizar a exposição e os efeitos aos quais os receptores ecológicos selecionados podem estar sujeitos em decorrência da existência de agentes estressores, considerando as escalas espacial e temporal e a relação causal. Nessa atividade, são investigadas a probabilidade ou intensidade da exposição dos receptores ecológicos aos estressores e a probabilidade ou intensidade de ocorrer efeitos adversos.

Para tanto, é feita uma seleção das linhas de evidência, ou seja, informações específicas (química, ecotoxicológica e ecológica) que dizem respeito a algum aspecto importante do ambiente, que serão utilizadas para a avaliação das hipóteses definidas pelo(s) objeto(s) de proteção. Precisam ser contempladas, minimamente, três linhas de evidência (química, ecotoxicológica e ecológica), com base em dados obtidos em trabalho de campo e laboratório. Outras linhas de evidência poderão ser incorporadas, por exemplo, se uma substância química for bioacumulável, assim como a biomagnificação, quando este risco estiver presente.

A Caracterização do Risco engloba a integração das avaliações de exposição e efeito (estimativa do risco), contempladas pelas linhas de evidência, e sua contextualização ecológica com a área de interesse (descrição do risco), sempre considerando as interações entre estressores e receptores, bem como dos estressores entre si e dos receptores entre si, além das incertezas levantadas em todas as fases.

Por sua vez, os resultados da Avaliação de Risco Ecológico inclui o seguinte:

- ✓ a quantificação do risco total para cada receptor ecológico ou unidade de decisão;
- ✓ a definição de Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA) para as SQIs que representam risco em cada compartimento do meio ambiente.

Essa subetapa se encerra com uma síntese da estimativa e descrição do risco, uma conclusão acerca da existência de risco acima dos níveis considerados aceitáveis, indicando a sua extensão espacial (mapeamento) e temporal, os objetos de proteção afetados e a necessidade de adoção de medidas de intervenção, baseadas em metas de remediação e recuperação, justificando as ações propostas.

A análise de incertezas permeia toda a ARE, desde a Formulação do Problema até a Caracterização do Risco. Essa análise se baseia na avaliação da representatividade, da acurácia, da precisão, da integridade e da comparabilidade dos dados. É necessário que se diferencie na Descrição do Risco as premissas e conclusões que podem ser assumidas com baixa incerteza de outras com maior incerteza e apontar medidas necessárias para reduzir a incerteza em caso de continuidade da investigação.

### 1.3. Identificação de Risco Considerando Padrões Legais Aplicáveis

A subetapa de Avaliação de Risco aos Recursos Naturais ou Ambientais é executada nas situações em que seja identificado, a partir dos resultados da Investigação Detalhada, um recurso natural ou ambiental sob influência, ou potencialmente sob influência, de uma AC.

No caso de bens a proteger, como os recursos naturais ou ambientais – por exemplo, um rio –, o risco inaceitável, ou seja, a possibilidade de ocorrência de dano à sua qualidade, pode ser avaliado com base nos PLAs existentes. Como exemplo, pode-se citar os padrões de qualidade dos corpos d'água superficiais definidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005).

Caso o MCA 3 indique que uma pluma de contaminação dissolvida possa atingir, ou tenha atingido, esse recurso ambiental em concentrações superiores aos padrões de qualidade, e com massa suficiente para causar alteração de qualidade significativa, será considerado que existem riscos inaceitáveis à qualidade das águas do rio, havendo, portanto, a necessidade de adoção de medidas de intervenção, para evitar que a citada pluma de contaminação atinja o corpo d'água e possa provocar danos à sua qualidade.

#### Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: MME, 2005. Alterações posteriores. Publicada originalmente no Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil: seção 1: Poder executivo, Brasília, DF, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em:  
[https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450). Acesso em: maio 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: MME, 2009. Alterações posteriores. Publicada originalmente no Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil: seção 1: Poder executivo, Brasília, DF, v. 146, n. 249, p. 81-84, 30 dez. 2009. Disponível em:  
[https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=601](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=601). Acesso em: maio 2025.

CETESB. **P4.001: Avaliação de Risco Ecológico (ARE): áreas contaminadas**. 1.ed. São Paulo: CETESB, 2022. 37 p. Norma técnica publicada no Diário Oficial [do] Estado de São Paulo: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v 132, n. 254, p. 65, 22 dez. 2022. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/12/P4.001\\_Avaliacao-de-Risco-Ecologico-ARE-Areas-Contaminadas-1a-Edicao.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/12/P4.001_Avaliacao-de-Risco-Ecologico-ARE-Areas-Contaminadas-1a-Edicao.pdf). Acesso em: maio 2025.

CETESB. **Planilhas para avaliação de risco**. São Paulo: CETESB [2023]. Áreas contaminadas. Disponível em:  
<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/documentacao/planilhas-para-avaliacao/>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS)**: human health evaluation manual: interim final. Washington: DC: EPA, 1989. v. 1, part A, 291 p. (EPA/540/1-89/002). Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Memorandum OSWER Directive 9285.7-53, Dec 5, 2003**. Subject human health toxicity values in superfund risk assessments. Washington, DC: EPA, 2003. 4 p. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-11/documents/hhmemo.pdf>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **ProUCL software**. Washington, DC: EPA, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/land-research/proucl-software>. Acesso em: maio 2025.

## Seção 8.3: Elaboração do Quarto Modelo Conceitual e Classificação 5

### Sumário

|                                      |          |
|--------------------------------------|----------|
| <b>1. Introdução</b> .....           | <b>1</b> |
| <b>2. Estrutura do MCA 4</b> .....   | <b>1</b> |
| 2.1. Plantas georreferenciadas ..... | 2        |
| 2.2. Fluxograma de exposição .....   | 3        |
| 2.3. Tabela resumo .....             | 3        |
| 2.4. Texto Explicativo .....         | 3        |
| <b>3. Classificação 5</b> .....      | <b>4</b> |
| <b>Referências</b> .....             | <b>4</b> |

### 1. Introdução

A elaboração do quarto modelo conceitual da área (MCA 4) é feita com base nos resultados da etapa de Avaliação de Risco, por meio de atualização de algumas plantas, tabela, fluxograma e texto explicativo. Além dessa atualização, está previsto no MCA 4 a elaboração de plantas adicionais que representam os Mapas de Risco.

Sua concepção busca representar, de forma geral, os riscos e danos aos bens a proteger identificados e caracterizados na área em avaliação, juntamente com uma análise das incertezas remanescentes.

O Órgão Ambiental Gerenciador se utiliza das informações do MCA 4 para realizar a Classificação 5, que pode, nessa etapa, classificar a área como Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi) ou Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME).

Nesta seção, são apresentadas, no item 2, as diretrizes para a construção do MCA 4 e, no item 3, a metodologia para a classificação da área após a Avaliação de Risco.

Uma conceituação geral sobre essa ferramenta importante do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, que é o Modelo Conceitual da Área, pode ser consultada no item 5 da **Seção 1.2** deste manual.

### 2. Estrutura do MCA 4

A estrutura do MCA 4 contém o seguinte:

- ✓ plantas georreferenciadas com a representação da área;
- ✓ representações tridimensionais dos riscos e danos aos bens a proteger identificados (Mapa dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger);
- ✓ fluxograma de exposição;
- ✓ tabela com resumo das informações;
- ✓ texto explicativo com integração e interpretação das informações sobre os riscos e danos aos bens a proteger.

## 2.1. Plantas georreferenciadas

O seguinte conjunto de plantas georreferenciadas é produzido no MCA 4:

**Planta da área com proposta de classificação como ACRI ou AME (ou outra classificação possível)** – planta contendo o polígono que representa os limites (perímetro) da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas avaliada (atual e pretéritas), delimitado com base na(s) matrícula(s) do imóvel(is), ao qual se propõe aplicar a classificação como ACRI ou AME. Na sua legenda são inseridas informações sobre o CNAE da atividade potencialmente geradora de áreas contaminadas, sua razão social, o número da matrícula do imóvel, as coordenadas do centro da área, dimensões e pontos de acesso.

**Planta multitemporal das áreas fonte** – planta contendo as áreas fonte consolidadas após a Avaliação de Risco.

**Mapa dos Riscos Individuais da SQI** – planta, elaborada para cada Substância Química de Interesse (SQI), contendo os locais onde foi identificado risco individual acima dos níveis aceitáveis, representados por meio de polígonos, organizados na legenda por via de ingresso avaliada (ingestão, inalação de vapores, contato dérmico etc.).

**Mapa dos Riscos Totais** – planta contendo os locais onde ocorrem os riscos totais acima dos níveis aceitáveis, considerando todos os caminhos de exposição aplicáveis.

Nos Mapas dos Riscos Totais e Danos aos Bens a Proteger, os locais onde foram identificados e caracterizados riscos totais inaceitáveis ou danos aos bens a proteger são representados por meio de linhas de isovalores de risco ou de isoconcentrações das CMAs estabelecidas para as vias de ingresso identificadas.

Caso não prejudique a visualização espacial dos riscos, no Mapa de Riscos também podem ser indicadas as fontes de contaminação primária, plumas de contaminação e bens a proteger.

Tendo em vista que o risco é uma medida quantitativa, no Mapa dos Riscos, os locais onde forem constatados riscos acima dos níveis aceitáveis são representados por meio de linhas de isovalores de risco ou de isoconcentrações das CMAs estabelecidas.

Sobre as linhas de isovalores de risco, aplica-se a seguinte classificação indicando a intensidade do risco:

✓ Substâncias carcinogênicas:

Risco  $> 10^{-4}$  – Risco inaceitável alto  
 $10^{-4} > \text{Risco} > 10^{-5}$  – Risco inaceitável  
 $10^{-5} > \text{Risco} > 10^{-6}$  – Risco aceitável  
 $\text{Risco} < 10^{-6}$  – Risco aceitável baixo (limite do mapa de risco)

✓ Substâncias não-carcinogênicas:

Risco  $> 10$  – Risco inaceitável alto  
 $10 > \text{Risco} > 1$  – Risco inaceitável  
 $1 > \text{Risco} > 0,1$  – Risco aceitável  
 $\text{Risco} < 0,1$  – Risco aceitável baixo (limite do mapa de risco)

## 2.2. Fluxograma de exposição

A partir das novas informações obtidas na etapa de Avaliação de Risco, o fluxograma do MCA 4 pode ser finalizado para representar as fontes de contaminação primárias confirmadas e os caminhos de exposição potenciais e reais.

Um exemplo do fluxograma de exposição pode ser consultado no item 2.2 da **Seção 5.4**.

## 2.3. Tabela resumo

Para melhor entendimento do MCA 4, os resultados da avaliação de risco precisam estar apresentados de maneira clara e organizada, conforme modelo de tabela de resultados proposto pelo IRTC (2015), descrito a seguir:

**Tabela de resultados de risco** – tabela elaborada para cada compartimento do meio ambiente, contendo as SQIs nas linhas, e nas colunas as seguintes informações (um exemplo pode ser consultado na **Tabela 8.3-1** ao final dessa seção):

- ✓ Grupo químico ao qual a SQI pertence;
- ✓ O nome da SQI;
- ✓ Número CAS;
- ✓ Classificação da SQI em termos de carcinogenicidade;
- ✓ Concentração de exposição;
- ✓ Bens a proteger expostos e resultados dos riscos calculados, destacados por cor e negrito.

## 2.4. Texto Explicativo

O texto explicativo do MCA 4 contém uma descrição dos Mapas de Riscos, abrangendo todos os riscos identificados, a partir de cada fonte de contaminação primária.

Para facilitar o entendimento, o texto pode ser organizado por caminho de exposição. Dessa forma, se inicia informando o número e tipos de caminhos de exposição identificados, para posteriormente descrever cada risco ou dano relacionado.

Considerando as classificações de risco inaceitável alto, inaceitável, aceitável e aceitável baixo de cada SQI, calculadas em todos os caminhos de exposição, é feita uma avaliação do risco total a partir dos riscos individuais e a possibilidade de haver risco cumulativo inaceitável.

Considera-se como risco total a somatória dos riscos individuais gerados por diferentes SQIs, desde que possuam o mesmo mecanismo de ação e potencial dano ao receptor avaliado.

Ressalta-se que o risco cumulativo precisa ser avaliado mesmo para as SQIs cujos riscos individuais foram classificados na faixa do aceitável, pois, no cômputo do risco total, podem alterar a classificação para a faixa do risco inaceitável.

Não haverá a necessidade de avaliar a existência de riscos cumulativos quando os valores de risco individuais estiverem abaixo de  $10^{-6}$  (para efeitos carcinogênicos) ou

0,1 (para efeitos não carcinogênicos), classificados na faixa do aceitável baixo, sendo essa diretriz obtida da EPA, na página do [Regional Screening Levels - Users Guide](#) (USEPA, 2024).

Ao final do texto são apresentadas as justificativas para a execução da etapa de Monitoramento para Encerramento ou de Elaboração do Plano de Intervenção, além da necessidade de ações preventivas ou corretivas, como a adoção de medidas emergenciais.

### 3. Classificação 5

Os resultados da etapa de Avaliação de Risco são utilizados para embasar a classificação da área em avaliação como ACRi ou AME, além de orientar a execução das demais etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, especialmente a etapa de Elaboração do Plano de Intervenção ou de Monitoramento para Encerramento.

Finalizada a etapa de Avaliação de Risco, a área em avaliação será classificada como ACRi, quando nessa ou na sua vizinhança houver a constatação da presença de pelo menos uma das situações descritas a seguir:

- I. realizada a Avaliação de Risco foi constatado que os valores definidos para risco aceitável à saúde humana foram ultrapassados;
- II. quando for observado risco inaceitável para organismos presentes nos ecossistemas, por meio da utilização de resultados de Avaliação de Risco Ecológico;
- III. nas situações em que os contaminantes gerados em uma área tenham atingido compartimentos do meio físico e determinado a ultrapassagem dos padrões legais aplicáveis ao enquadramento dos corpos d'água e de potabilidade;
- IV. nas situações em que os contaminantes gerados possam atingir corpos d'água superficiais ou subterrâneos, determinando a ultrapassagem dos padrões legais aplicáveis, comprovadas por modelagem do transporte dos contaminantes;
- V. nas situações em que haja risco à saúde ou à vida em decorrência de exposição aguda a contaminantes, ou à segurança do patrimônio público ou privado.

Em razão dos resultados obtidos durante a etapa de Avaliação de Risco, a área em avaliação pode receber outras classificações, além da classificação como ACRi.

Caso não sejam identificadas as situações citadas nos incisos I a V, a área em avaliação será classificada como AME.

### Referências

ITRC. Risk Assessment Team. **Decision making at contaminated sites: issues and options in human health risk assessment.** Washington, DC: ITRC, 2015. 201 p., color., PDF. (Guidance document. RISK 3). Disponível em: <https://projects.itrcweb.org/risk-3/>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Regional Screening Levels (RSLs): user's guide.** Washington, DC: EPA, 2024. Disponível: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide>. Acesso em: maio 2025.

Tabela 8.3-1 – Exemplo de tabela resumo dos resultados da etapa de Avaliação de Risco

| Exposição ao solo |                  |           |       |                                   | Trabalhador externo |          | Trabalhador interno     |            | Trabalhador de obras |           |
|-------------------|------------------|-----------|-------|-----------------------------------|---------------------|----------|-------------------------|------------|----------------------|-----------|
| Grupo             | SQI              | n. CAS    | Class | Concentração de Exposição (mg/kg) | Exposição ao solo   |          | Exposição ao ar interno |            | Exposição ao solo    |           |
|                   |                  |           |       |                                   | Risco               | HQ       | Risco                   | HQ         | Risco                | HQ        |
| VOC               | Benzeno          | 71-43-2   | A     | 0,15                              | 1E-08               | 0,0002   | 2E-06                   | 0,2        | 3E-09                | 0,0003    |
| VOC               | 1,2-Dicloroetano | 107-06-2  | B2    | 2                                 | 4E-07               | 0,005    | <b>4E-05</b>            | 0,7        | 7E-08                | 0,003     |
| VOC               | Tricloroetano    | 79-01-6   | HC    | 203                               | 9E-06               | <b>3</b> | <b>1E-03</b>            | <b>400</b> | 2E-06                | <b>10</b> |
| SVOC              | Fluoranteno      | 206-44-0  | D     | 0,046                             |                     | 0,000001 |                         |            |                      | 0,0000002 |
| INORG             | Arsênio          | 7440-38-2 | A     | 7                                 | 2E-06               | 0,01     |                         |            | 2E-07                | 0,006     |

Fonte: Adaptado de ITRC (2015)

- Class – USEPA *Weight-of-Evidence Cancer Classification*. Classificações originais eram (A, B1, B2, C, D, E). Essas estão sendo substituídas por “carcinogênico para humanos (HC)”, “possivelmente carcinogênico para humanos”, “evidência sugestiva de potencial carcinogênico (SC)”, “informação inadequada para avaliar o potencial carcinogênico (ID)” e “provavelmente não é carcinogênico para humanos (NL)”.
- Resultados em negrito – Indicam classificação de risco inaceitável (risco de câncer superior a  $10^{-5}$  e risco não carcinogênico superior a 1).
- Resultados em negrito e célula sombreada em cinza – Indicam classificação de risco inaceitável alto (risco de câncer superior a  $10^{-4}$  e risco não carcinogênico superior a 10).
- Exposição ao solo consiste na ingestão incidental de solo, contato dérmico com solo, e inalação de poeira fugitiva e vapores externos.
- Exposição ao ar interno considera os ocupantes da edificação expostos a vapores do solo infiltrando em um ambiente fechado hipotético.

## Seção 8.4: Relatório de Avaliação de Risco

### Sumário

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. Introdução</b> .....  | <b>1</b> |
| <b>2. Relatório de Avaliação de Risco</b> .....   | <b>1</b> |
| 2.1. Resultados da subetapa de Identificação e Caracterização dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger..... | 1        |
| 2.2. MCA 4 e Classificação 5.....   | 2        |
| 2.3. Texto conclusivo .....   | 2        |
| <b>Referências</b> .....  | <b>2</b> |

### 1. Introdução

Após a execução das subetapas de Identificação e Caracterização dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger e Elaboração do Quarto Modelo Conceitual (MCA 4) e Classificação 5, o responsável técnico finaliza a etapa de Avaliação de Risco com a elaboração do Relatório de Avaliação de Risco, contendo as informações levantadas e sua interpretação.

Para a elaboração do Relatório de Avaliação de Risco, o responsável legal deve levar em consideração as diretrizes gerais estabelecidas no item 7 da **Seção 1.2** deste manual.

### 2. Relatório de Avaliação de Risco

Em sua estrutura, o Relatório de Avaliação de Risco contém os seguintes itens:

- ✓ Descrição dos resultados da subetapa de Identificação e Caracterização dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger;
- ✓ MCA 4 e Classificação 5;
- ✓ Texto conclusivo (conclusões e recomendações).

#### 2.1. Resultados da subetapa de Identificação e Caracterização dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger

Nesse item do Relatório de Avaliação de Risco são apresentados os resultados das seguintes ações, de acordo com o tipo de receptor ou bem a proteger avaliado:

- ✓ Identificação e caracterização dos riscos aos bens a proteger:
  - avaliação de risco à saúde humana;
  - avaliação de risco ecológico;
  - identificação de risco considerando padrões legais aplicáveis.

Como parte da apresentação e interpretação dos resultados, é preciso justificar, de maneira clara e objetiva, as condições em que a etapa de Avaliação de Risco foi considerada encerrada, demonstrando que os dados obtidos são suficientes e representativos dos riscos e danos identificados e caracterizados.

Ao final desse item, é necessário que seja incluída uma tabela listando as Substâncias Químicas de Interesse (SQIs) em suas linhas e as respectivas concentrações máximas aceitáveis (CMAs) nas colunas, separadas por tipo de compartimento do meio ambiente e caminho de exposição. As CMAs são recorrentemente consultadas nas etapas posteriores do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, de maneira que é importante estejam em destaque no texto de resultados.

## 2.2. MCA 4 e Classificação 5

A apresentação do MCA 4 e da proposta de Classificação 5 segue as diretrizes apresentadas na **Seção 8.3**.

## 2.3. Texto conclusivo

Conforme ITRC (2015), o texto conclusivo precisa se concentrar nos caminhos de exposição geradores de risco total acima do nível aceitável, descrevendo os seguintes fatores principais:

- ✓ Quais caminhos de exposição contribuem com o risco total acima do nível aceitável?
- ✓ Quais Substâncias Químicas de Interesse contribuem para um risco total acima do nível aceitável?
- ✓ Quais vias de ingresso contribuem para o risco total acima do nível aceitável (por exemplo, ingestão de água subterrânea, contato dérmico com o solo ou inalação de vapores)?
- ✓ Os riscos acima dos níveis aceitáveis ocorrem devido a exposições atuais ou baseadas em possíveis exposições futuras antecipadas que ainda não ocorreram?
- ✓ A análise de incertezas identificou a natureza e magnitude das principais incertezas e vieses dos resultados?

Com base nessa discussão, no texto conclusivo são feitas, de maneira clara, as recomendações para a continuidade ou encerramento do Gerenciamento de Áreas Contaminadas na área em avaliação, indicando:

- ✓ decisões tomadas sobre a etapa seguinte do GAC a ser realizada – conforme o caso –, de Elaboração do Plano de Intervenção ou Monitoramento para Encerramento;
- ✓ as ações preventivas e corretivas, bem como a adoção de medidas emergenciais caso sejam necessárias;
- ✓ avaliação crítica sobre a acurácia e completude da etapa de Avaliação de Risco (conforme diretrizes do item 6 da **Seção 1.2**);
- ✓ definição dos responsáveis pela execução da etapa seguinte do GAC (conforme diretrizes do item 6 da **Seção 1.2**).

## Referências

ITRC. Risk Assessment Team. **Decision making at contaminated sites: issues and options in human health risk assessment**. Washington, DC: ITRC, 2015. 201 p., color., PDF. (Guidance document. RISK 3). Disponível em: <https://projects.itrcweb.org/risk-3/>. Acesso em: maio 2025.

## Seção 8.5: Planilha de Avaliação de Risco à Saúde Humana

### Sumário

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Introdução.....          | 1 |
| 2. Instalação .....         | 4 |
| 3. Controle de versões..... | 5 |
| Referências .....           | 6 |

### 1. Introdução

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) determinou em sua [Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E](#) (CETESB, 2007), de 22 de junho de 2007, a elaboração de planilhas para avaliação de risco em áreas contaminadas sob investigação, objetivando padronizar e otimizar a execução dos estudos de avaliação de risco realizados no estado. Conforme revisão do procedimento para Gerenciamento de Áreas Contaminadas publicada em sua [Decisão de Diretoria nº 038/2017/C](#) (CETESB, 2017), de 7 de fevereiro de 2017, essas planilhas devem ser aplicadas na quantificação do risco à saúde humana em áreas contaminadas sob investigação e no estabelecimento de concentrações máximas aceitáveis (CMAs), auxiliando os profissionais que atuam no gerenciamento de áreas contaminadas na elaboração de Planos de Intervenção

As planilhas de avaliação de risco da CETESB foram desenvolvidas com base na metodologia da United States Environmental Protection Agency (USEPA), descrita no documento [Risk Assessment Guidance for Superfund \(RAGS\)](#) (USEPA, 1989), e constituem ferramentas auxiliares nos estudos de avaliação e gerenciamento de risco à saúde humana por exposição em áreas contaminadas.

Foram definidos os seguintes cenários de exposição e receptores:

- ✓ agrícola/residencial rural;
- ✓ residencial urbano;
- ✓ industrial/comercial;
- ✓ trabalhadores de obras;

No cenário agrícola/residencial rural estão incluídos sítios, fazendas, chácaras, áreas residenciais rurais, áreas de proteção ambiental (tais como áreas de proteção de mananciais, parques nacionais e estaduais, APAs e APPs), cinturões verdes e áreas rurais onde há atividade econômica de produção agro-silvo-pastoril, ou associados a moradias e residências em áreas rurais. Nesse cenário, admite-se que os indivíduos residam na área, permanecendo 350 dias por ano. São considerados dois tipos de indivíduos receptores de risco: adultos permanecendo no local por uma vida inteira ou, alternativamente, crianças até 6 anos de idade.

O cenário residencial urbano considera moradias e áreas residenciais em áreas urbanas. Estão incluídos nesse cenário todos os tipos de moradias, desde residências térreas, apresentando algum cultivo de vegetais, estabelecimentos sociais, 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. Nesse cenário, os indivíduos residem na área hipotética 350 dias por ano, permanecendo em

ambientes internos 16 horas por dia e em ambientes externos oito horas por dia. São considerados dois tipos de indivíduos receptores de risco: adultos permanecendo no local por 30 anos, ou, alternativamente, crianças permanecendo no local por 6 anos.

O cenário comercial/industrial está relacionado às áreas onde são desenvolvidas apenas atividades industriais ou comerciais, cuja permanência de pessoas ocorre em horário de trabalho. Estão incluídos nesse cenário os empreendimentos industriais de modo geral, as áreas portuárias, os aeroportos e os estabelecimentos comerciais tais como postos e sistemas retalhistas de combustíveis, prédios comerciais, lojas, restaurantes, padarias, açougues, peixarias, estacionamentos, supermercados, mercearias, lavanderias e escritórios. A exposição considerada relaciona-se a passivos oriundos de contaminação por substâncias químicas no solo e na água subterrânea, não sendo avaliada a existência de exposição ocupacional. Considera-se que as pessoas permanecem em ambientes abertos ou fechados 8 horas diárias, 250 dias por ano, ao longo de um período de permanência no emprego de 25 anos.

Quanto aos trabalhadores de obras, são considerados os trabalhadores da construção civil em contato com o solo e águas subterrâneas. Presume-se que esses profissionais permaneçam no local 8 horas diárias, 250 dias por ano, durante o período de 1 ano. Para esse cenário, as vias de ingresso por intrusão de vapores são consideradas somente quando as obras forem realizadas em ambientes fechados ou semi-fechados, sem o rompimento dos pisos. Em situações diferentes – por exemplo, obras em ambientes fechados sem a presença de piso impermeabilizado –, a planilha não é adequada para quantificar risco ou concentrações máximas aceitáveis.

**Quadro 8.1-1 – Cenários de exposição existentes na Planilha de Avaliação de Risco da CETESB**

(Continua)

| MEIO   | TRANSPORTE                       | VIAS DE INGRESSO                        |
|--|----------------------------------|---|
| Solo superficial<br>(0 a 1 m de profundidade)                      | Contato direto                   | Ingestão de partículas                  |
|  |                                  | Contato dérmico                         |
|  | Erosão eólica e dispersão        | Inalação de partículas                  |
|  | Volatilização                    | Inalação de vapores em ambiente externo |
| Solo subsuperficial<br>(1 m de profundidade até o lençol freático) | Volatilização                    | Inalação de vapores em ambiente interno |
|  |                                  | Inalação de vapores em ambiente externo |
|  | Lixiviação para água subterrânea | Ingestão de água subterrânea            |
| Água subterrânea   | Contato direto                   | Ingestão                                |
|  |                                  | Contato dérmico                         |
|  | Volatilização                    | Inalação de vapores em ambiente interno |
|  |                                  | Inalação de vapores em ambiente externo |
|  | Contato direto                   | Ingestão                                |

| MEIO                                      | TRANSPORTE     | VIAS DE INGRESSO |
|---|----------------|------------------|
| Água superficial utilizada para recreação |                | Contato dérmico  |
| Ar ambiente                               | Contato direto | Inalação         |

(Conclusão)

Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023).

Nesta terceira atualização das planilhas de avaliação de risco, as principais alterações foram:

- ✓ Inclusão do cenário de inalação, com o cálculo do risco e das concentrações máximas aceitáveis (CMAs) no ar ambiente e no vapor do solo. Este cenário contempla, além dos compostos voláteis, alguns metais – como o níquel –, para os quais existem parâmetros toxicológicos que permitem calcular concentrações no ar ambiente em termos de  $\mu\text{g}$  de fibras por  $\text{m}^3$ .
- ✓ Para o cálculo das CMAs para vapores abaixo do piso até 1,5 metros de profundidade, foi adotado o fator de atenuação de  $\alpha = 0,03$ , definido pela USEPA no documento [Technical Guide for Assessing and Mitigating the Vapor Intrusion Pathway from Subsurface Vapor Sources to Indoor Air](#) (USEPA, 2015). Esse fator é aplicado à concentração máxima aceitável calculada pela planilha para o ar ambiente, considerando-se as diretrizes de cálculo definidas no [Anexo F do Risk Assessment Guidance](#) (USEPA, 2009), e a menor CMA calculada entre um receptor (criança ou adulto) para o cenário residencial. Para SQIs com efeitos tóxicos e carcinogênicos, a planilha seleciona a menor CMA calculada.

CMA definida para os vapores abaixo do piso até 1,5m de profundidade = CMA calculada para o Ar Ambiente / 0,03.

Diretrizes para avaliação e gerenciamento do risco para o cenário de intrusão de vapores serão definidas em um capítulo específico deste manual.

- ✓ Inclusão do fator de biodisponibilidade (RBA) para o arsênio de 0,6. Esse fator é considerado no cenário de ingestão do solo.
- ✓ Atualização dos bancos de dados toxicológico e físico-químico para a versão de novembro de 2022, disponível no site da USEPA [Regional Screening Levels – RSLs](#) (USEPA, 2024). Esses dados podem ser consultados nas abas FatTox e FisQui.
- ✓ Atualização de parâmetros do meio físico e exposicionais. Esses dados podem ser consultados nas abas MF e EXP.
- ✓ Nessa atualização não estão sendo calculadas CMAs para o chumbo inorgânico em razão da USEPA não ter adotado um valor de dose de referência na [versão dos RSLs disponibilizada em maio de 2021](#). Recomenda-se que sejam adotadas para uso residencial concentrações de chumbo no solo inferiores a 400 mg/kg e, para uso industrial/comercial, o próprio valor orientador de intervenção da CETESB (4.400 mg/kg). Para as águas subterrâneas, utiliza-se o padrão legal estabelecido pela [Portaria GM/MS nº 888 de 4 de maio de 2021](#) (Brasil, 2021). O risco para o chumbo é calculado pela seguinte fórmula:

Risco = Concentração no Ponto de Exposição / 400 mg/kg (residencial) ou 4.400 mg/kg (industrial).

Risco = Concentração no Ponto de Exposição / 10 ug/L (residencial e comercial).

- ✓ Criação de nova aba com as referências bibliográficas dos parâmetros adotados.

Além disso, alguns parâmetros foram alterados para refletir valores que a CETESB considera mais adequados ao nosso contexto, tais como:

- ✓ Os coeficientes de distribuição solo-água (Kd), onde foram adotados valores específicos do estado de São Paulo para níquel, cromo, cobre, cádmio, cobalto, zinco e chumbo (Soares, 2004) e selênio (Mouta, 2007).
- ✓ Para o mercúrio, foi adotado valor médio calculado a partir dos valores determinados em estudo desenvolvido para solos paraenses, eliminando-se desses cálculos os solos que não ocorrem no estado de São Paulo e os valores fora da curva (*outliers*) (Braz, 2011).
- ✓ Para os outros metais, adotaram-se os Kds para o pH de 5,5, conforme tabela constante do [Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites](#) (USEPA, 2022, appendix C, exhibit C-4. – Metal Kd values as a function of pH).

Os caminhos de exposição da água superficial e dos sedimentos estão em desenvolvimento e permanecem indisponíveis nesta versão.

A USEPA indica que, para as faixas de TPH definidas, foram considerados somente os efeitos não carcinogênicos das SQIs utilizadas para representar a faixa, pois as SQIs com efeitos carcinogênicos que são englobadas em determinada faixa, em sua maioria, podem ser avaliadas individualmente (concentração quantificada especificamente daquela SQI).

Por exemplo, para a Faixa C10-C-32 aromáticos, o composto representativo da faixa selecionado foi o benzo(a)pireno. Para calcular os riscos associados a essa faixa de TPH, foram considerados somente o RFD/RFC (parâmetros associados ao risco não carcinogênico) definido para o benzo(a)pireno. A adoção do SFO/IUR (parâmetros associados ao risco carcinogênicos) do benzo(a)pireno para toda a faixa, tornaria a avaliação de risco excessivamente protetora.

Dessa forma, ao utilizar a planilha de avaliação de risco da CETESB, uma vez que o modelo conceitual incluía os hidrocarbonetos de petróleo como SQIs, é necessário que os constituintes químicos individuais relacionados a hidrocarbonetos de petróleo identificados nas etapas anteriores acima do valor de intervenção também sejam avaliadas como SQIs. Além disso, deve-se considerar a avaliação das faixas de TPH definidas quando houver incertezas sobre a presença de outros hidrocarbonetos não identificados individualmente, mas que podem estar presentes por conta de resultados elevados de TPH total, por exemplo, ou indícios organolépticos das amostras.

## 2. Instalação

As planilhas estão divididas em quatro arquivos, utilizados separadamente para a quantificação do risco à saúde humana e para o estabelecimento das CMAs do cenário de exposição considerado:

- ✓ [Residentes em Áreas Urbanas](#).
- ✓ [Residentes em Áreas Rurais](#).
- ✓ [Trabalhadores Comerciais/Industriais](#).
- ✓ [Trabalhadores em Obras Cívicas](#).

Ao abrir o arquivo, é necessário permitir a execução de macros.

### 3. Controle de versões

Uma vez que sejam realizadas modificações para corrigir problemas detectados nas planilhas, a nova versão será publicada em substituição à anterior, com indicação da versão atualizada e o erro corrigido ou ajuste realizado (**Quadro 8.1-2**).

**Quadro 8.1-2 – Versões da Planilha de Avaliação de Risco da CETESB**

| VERSÃO | DATA       | CORREÇÕES/AJUSTES  |
|--------|------------|--|
| V 3_0  | 27/8/2021  | Atualização dos dados toxicológicos e físico-químicos da versão de maio de 2021.   |
| V 3_01 | 8/10/2021  | Correção da planilha de trabalhador de obras – aba SQI – entrada de dados bloqueada.<br>Todas as planilhas – correção de fórmula na aba CMA.                                   |
| V 3.02 | 20/12/2022 | Atualização dos bancos de dados toxicológicos e físico-químicos para a versão de novembro de 2022 disponível no site da EPA <a href="#">Regional Screening Levels – RSLs</a> . |
| V 3.03 | 24/3/2023  | Correção da identificação dos PCBs e das faixas do TPH.  |

Fonte: Elaboração própria (CETESB, 2023)

Problemas detectados poderão ser comunicados à CETESB por meio do endereço [pc\\_cetesb@sp.gov.br](mailto:pc_cetesb@sp.gov.br).

### Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil: seção1: Atos do Poder executivo, Brasília, DF, ano 159, n. 85, p. 126-136, 7 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: maio 2025.

BRAZ, A. M. S. **Coeficiente de distribuição de metais pesados em solos paraenses**. 2011. 87 p. Dissertação (Mestrado em ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2011.tde-29062011-090619>. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-29062011-090619/fr.php>. Acesso em: maio 2025.

CETESB. Decisão de Diretoria nº 38/2017/C, de 7 de fevereiro 2017. Dispõe sobre a aprovação do “Procedimento para a Proteção da Qualidade do Solo e das Águas Subterrâneas”, da revisão do “Procedimento para o Gerenciamento de Áreas Contaminadas” e estabelece [...]. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1: Poder Executivo, São Paulo, n. 127, n. 28, p. 47-52, 10 fev. 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Acesso em: maio 2025.

MOUTA, E. R. **Adsorção e coeficientes de distribuição de selênio em solos do estado de São Paulo**. 2007. 98 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a34626ff-273f-4453-a930-c51299679db7/content>. Acesso em: maio 2025.

CETESB. Decisão de Diretoria nº 103/2007/C/E, de 22 de junho 2007. Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. **Diário Oficial [do] Estado**

**de São Paulo:** seção 1: Poder Executivo, São Paulo, v. 117, n. 119, p. 34-39, 27 jun. 2007. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2015/07/DD-103-07-C-E-Procedimento-para-Gerenciamento-de-%C3%81reas-Contaminadas.pdf>. Acesso em: maio 2025.

SOARES, M. R. **Coefficientes de distribuição (KD) de metais pesados nos solos do Estado de São Paulo.** 2004. 214 p. Tese (Doutorado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-31052005-170719/pt-br.php>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Regional Screening Levels (RSLs): user’s guide.** Washington, DC: EPA, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): human health evaluation manual.** Washington: DC: EPA, 1989. v. 1, part A: baseline risk assessment. 291 p. (EPA/540/1-89/002). Alterações posteriores. Disponível em: [https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-10/rags\\_a\\_508.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-10/rags_a_508.pdf). Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS): human health evaluation manual.** Washington: DC: EPA, 2009. v. 1, part F: supplemental guidance for inhalation risk assessment. 68 p. (EPA-540-R-070-002. OSWER 9285.7-82). Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part-f>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites.** Washington: DC: EPA, 2002. 187 p. (OSWER 9355.4-24). Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/91003IJK.PDF?Dockey=91003IJK.PDF>. Acesso em: maio 2025.

USEPA. **Technical guide for assessing and mitigating the vapor intrusion pathway from subsurface vapor sources to indoor air.** Washington, DC: EPA, 2015. 267 p. + 1 fact sheet + 1 Errata 2018. (OSWER Publication 9200.2-154). Título no documento: OSWER technical [...]. Disponível em: <https://www.epa.gov/vaporintrusion/technical-guide-assessing-and-mitigating-vapor-intrusion-pathway-subsurface-vapor>. Acesso em: maio 2025.

## Seção 8.6: Comunicação de Risco

Durante a execução das etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), pode ser necessária a realização de comunicação sobre a ocorrência de riscos inaceitáveis ou danos aos bens a proteger identificados, principalmente, na etapa de Avaliação de Risco, visando definir as melhores estratégias para o gerenciamento desses.

O Procedimento de Comunicação dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger é conduzido pelo responsável legal e responsável técnico, com o apoio e orientação do Órgão Ambiental Gerenciador, quando a área em questão for classificada como Área Contaminada Crítica.

A comunicação dos riscos se trata de um processo de troca de informações entre as partes envolvidas – como as pessoas ou comunidades que estejam ou possam estar expostas, os representantes do Órgão Ambiental Gerenciador, o responsável legal e o responsável técnico, além de outras partes que possam auxiliar, como a mídia e a opinião pública –, que tem como objetivo proporcionar o entendimento da questão e viabilizar a participação das partes envolvidas na tomada de decisão sobre as medidas de intervenção ou sobre as melhores soluções a serem adotadas.

Para o desenvolvimento da comunicação de risco recomenda-se seguir os procedimentos estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA), descritos nos documentos contidos em [Risk Messaging Guidance](#) (USEPA, 2024).

Para a condução do Procedimento de Comunicação dos Riscos e Danos aos Bens a Proteger, é importante que as partes envolvidas tenham conhecimento do significado dos seguintes termos:

- ✓ risco crônico potencial;
- ✓ risco crônico real;
- ✓ risco agudo potencial;
- ✓ risco à saúde humana;
- ✓ risco ecológico;
- ✓ risco aos recursos naturais ou ambientais;
- ✓ dano à saúde humana;
- ✓ dano ecológico;
- ✓ dano aos recursos naturais ou ambientais.

### Referências

USEPA. **Risk messaging guidance**. Washington, DC: EPA, 2024. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/risk-messaging-guidance>. Acesso em: maio 2025.