



**Parecer Técnico**

**Avaliação do “RELATÓRIO TÉCNICO - AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA METODOLOGIA MINISTÉRIO DA SAÚDE - MARIANA - MG” executado pela Tecnohidro**

**28 páginas, 1 anexo, 2 apêndices**

**19 de junho de 2019**

**Coordenação da Avaliação: Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H**



## **ISENÇÃO DE RESPONSABILIDADES**

O presente relatório foi preparado por profissionais qualificados e não poderá ser alterado sem o prévio e expresso consentimento da NewFields e da empresa contratante. Este documento foi elaborado respeitando os termos do pedido e/ou contrato firmado com a empresa contratante e em conformidade com as normas técnicas vigentes e recomendadas pelos órgãos especializados.

As recomendações e conclusões expressas neste relatório são limitadas às condições físicas da área no momento da elaboração deste documento e na veracidade das informações e documentos disponibilizados pela empresa contratante e por terceiros. A NewFields não se responsabiliza pelas recomendações e conclusões expressas neste relatório em caso de mudanças das condições físicas da área e/ou inclusão de informações novas ou complementares posteriores a sua elaboração.

Este relatório é confidencial e destina-se ao uso exclusivo da empresa contratante. Não é permitida a divulgação, reprodução ou utilização parcial das informações e/ou resultados deste documento.



## Índice

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL.....</b>	<b>7</b>
3.1	Antecedentes.....	7
3.2	Aspectos demográficos.....	8
3.3	Uso do solo e recursos naturais.....	8
3.4	Contaminação ambiental.....	9
3.4.1	Definição das áreas de estudo.....	9
3.4.2	Premissas adotadas.....	9
3.4.3	Coleta, Avaliação e Validação dos Dados Ambientais.....	9
3.4.4	Impacto Ambiental.....	10
3.4.5	Consolidação da Análise Espacial das Áreas Alvo.....	11
3.4.6	Concentrações de Background (Nível de Base).....	12
3.5	Rotas ambientais.....	13
3.6	Dados sobre efeitos na saúde.....	13
<b>4.</b>	<b>PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE.....</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE.....</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>MECANISMOS DE TRANSPORTE.....</b>	<b>16</b>
<b>7.</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>8.</b>	<b>IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA.....</b>	<b>19</b>
8.1	Análise de Toxicidade.....	19
8.2	Cálculo da Dose de Exposição.....	19
8.2.1	Concentrações no Ponto de Exposição.....	19
8.2.2	Parâmetros Expositivos.....	20
8.2.3	Simulação de Monte Carlo.....	20
8.2.4	Análise Comparativa de Riscos.....	21
8.3	Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”.....	22
8.3.1	Considerações Adicionais.....	24
8.4	Risco quando a potabilidade.....	24
8.5	Respostas às preocupações da comunidade.....	25
<b>9.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>26</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO.....</b>	<b>27</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quadro 4 (Rotas de exposição) das Diretrizes do MS.....	17
---	----



## **APÊNDICES**

Apêndice I – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2016

Apêndice II – Resumo da avaliação do Relatório EPISUS 2018

## **ANEXOS**

Anexo I – Contestação Crítica ao Relatório do Instituto Saúde e Sustentabilidade de Autoria da Dra. Evangelina Vormittag, acerca do Município de Barra Longa, Estado de Minas Gerais



## 1. INTRODUÇÃO

Este parecer técnico apresenta a avaliação do “Relatório técnico - Avaliação de risco à saúde humana metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG” (Relatório), elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo (Tecnohidro) e entregue à Fundação Renova (Fundação) em 05 de junho de 2019 em versão final.

A Fundação Renova desenvolveu uma estratégia de Gerenciamento Ambiental Integrado para Saúde e Meio Ambiente (GAISMA), no âmbito do Programa de Manejo de Rejeitos, que é baseada no desenvolvimento de estudos de avaliação de risco à saúde humana, ambiental e ecológico. Como parte do GAISMA, este estudo foi desenvolvido com foco na área de saúde. Dentre a gama de metodologias utilizadas no desenvolvimento do Relatório destaca-se a metodologia do Ministério da Saúde (MS) denominada “Diretrizes para a Elaboração de um Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana por Exposição a Contaminantes Químicos” (Diretrizes), publicada em 2010.

A avaliação apresentada neste parecer técnico visa prover suporte técnico para as equipes dos Programas de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada (Programa de Saúde) e Manejo de Rejeitos (Programa de Manejo) da Fundação, fornecendo argumentos técnicos para garantir que a avaliação de risco contratada esteja em conformidade com a metodologia do Ministério da Saúde. Desta maneira, este documento inclui considerações e avaliações realizadas por especialistas em meio ambiente e toxicologia.

Como será discutido neste parecer técnico, o Relatório está estruturado em 12 tópicos principais, os quais são listados a seguir, juntamente com suas seções. As seções 5 a 12 seguem a estruturação proposta pelas Diretrizes.

1. Introdução;
2. Objetivos;
3. Seleção da área de estudo;
4. Premissas adotadas;
5. Levantamento e avaliação da informação local;
6. Preocupação da comunidade com a saúde;
7. Seleção dos contaminantes de interesse;
8. Mecanismos de transporte;
9. Identificação e avaliação de rotas de exposição;
10. Implicações para a saúde pública;
11. Conclusões;
12. Recomendações.

Fazem parte do relatório 8 anexos, os quais incluem: mapas de localização de amostragens, mapas geoquímicos, mapas de interpolação das concentrações, tabelas de concentrações máximas e UCL, dados de entrada da avaliação Monte Carlo, resumo das quantificações de risco e mapas de análise espacial.

Em adicional, o Relatório utiliza as informações, os dados base e os resultados apresentados no “Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) – Mariana - MG” de abril de



2019 desenvolvido pela empresa EPA Engenharia de Proteção Ambiental Ltda. (Relatório EPA). A NewFields sugere que o Relatório EPA seja incluso como anexo ao Relatório do estudo da ARSH.

Este parecer não avaliará a abordagem de GAISMA, da qual o Relatório faz parte, assim como não avaliará a aplicação das demais metodologias utilizadas na elaboração do Relatório. O objetivo deste documento é avaliar se o conteúdo produzido pela Tecnohidro e apresentado no Relatório atende as preconizações das Diretrizes do Ministério da Saúde.

Apesar deste parecer não tratar das demais metodologias utilizadas nas abordagens do GAISMA, é entendimento da NewFields que estudos relacionados a riscos à saúde humana não tratam denexo de causalidade e, sim, de correlação. Desta maneira, no Relatório da Tecnohidro, o termo “nexo de causal” deve ser substituído - quando aplicável - pelo termo “correlação”.

## 2. AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana foi estabelecida no Brasil pelo Ministério da Saúde, no ano de 2010. Tais Diretrizes se baseiam nas experiências adquiridas pelo MS na aplicação de avaliações de risco utilizando a metodologia desenvolvida pela *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR) e adequação desta metodologia à realidade brasileira. Como consequência, a ATSDR é constantemente mencionada e referenciada nas Diretrizes do MS. Dessa forma, a NewFields realiza a consulta da metodologia de ARSH da ATSDR sempre que não são detalhados procedimentos específicos para componentes de um estudo de avaliação de risco nas Diretrizes do MS.

## 3. LEVANTAMENTO E AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO LOCAL

Para esta etapa da ARSH, as Diretrizes do MS exigem, em sua Seção 3: avaliação inicial da área; visita a área com acompanhamento dos órgãos de saúde e meio ambiente; estratégia de comunicação; e análise de antecedentes, de aspectos demográficos, do uso do solo, do uso dos recursos naturais, de contaminações ambientais, de rotas ambientais e de dados sobre efeitos na saúde.

Sobre a visita a área, as Diretrizes salientam que “um discurso comum deve fazer parte da retórica de todos que irão ao local, buscando evitar pânico ou informações desajustadas sobre a área de risco.” As Diretrizes requerem que as informações do local sejam validadas quanto as metodologias utilizadas e validade estatística.

### 3.1 ANTECEDENTES

As Diretrizes requerem que esta análise inclua: histórico da região; dados geográficos; organização político administrativa; e descrição do local contaminado, salientando que “dependendo das dimensões da contaminação, pode-se partir da situação estadual, até o sítio contaminado.”



A subseção 5.1 do Relatório traz informações relativas ao meio físico, meio biótico e informações socioambientais, conforme segue:

- Meio físico: hidrogeologia; dispersão atmosférica; radioatividade; estudos de linha de base para geologia e geotecnia, processos de mineração, solo, clima, sedimentos, água subterrânea e águas superficiais (fluviais, estuarinas e costeiras); monitoramento do Rio Doce e afluentes realizado pelo Igam; e estudo sobre o rejeito coletado no Rio do Carmo;
- Meio biótico: ictiofauna pós rompimento; estudos de linha de base para áreas de conservação, flora, fauna silvestre e ecotoxicologia; parâmetros físico-químicos e metagenômicos na água superficial pós rompimento; e metais em solo e vegetais pós rompimento;
- Socioambientais: danos pós rompimento na qualidade e disponibilidade da água e do solo, e danos materiais, humanos e à biodiversidade; linha de base do patrimônio cultural; impactos pós rompimento às áreas que utilizam sistemas de irrigação com captação subterrânea e superficial; ARSH realizadas pós rompimento.

A NewFields considera que o levantamento de antecedentes das áreas de estudo foi realizado de maneira satisfatória. Entretanto, sugere-se que para os estudos realizados após o rompimento seja descrito como estas informações serão utilizadas para caracterizar os antecedentes das áreas de estudo. Além disso, sugere-se que o item 1.4 do Relatório seja apresentado nesta seção, como parte da descrição dos antecedentes.

### 3.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Seguindo as Diretrizes do MS para ARSH, as populações dos locais de interesse e suas imediações devem ser caracterizadas quanto a distribuição etária, sexo, condições socioeconômicas, culturais, étnicas e atividades comuns nas comunidades (residenciais, recreativas e ocupacionais).

No item 5.2 do Relatório são apresentados dados de caracterização etária, sexo e dados educacionais para Minas Gerais e Mariana. Não são apresentadas no Relatório informações relativas a Barra Longa, assim como não são apresentadas informações sobre condições socioeconômicas, culturais, étnicas e atividades comuns nas comunidades. Desta maneira, o Relatório traz informações insuficientes para a compreensão dos aspectos demográficos de Mariana e Barra Longa.

### 3.3 USO DO SOLO E RECURSOS NATURAIS

Como o uso do solo influencia diretamente o contato da população com as possíveis fontes de contaminação, as Diretrizes do MS recomendam as seguintes avaliações: acessibilidade aos locais; uso e ocupação do solo para fins residenciais, agrícolas, comerciais e industriais; presença de escolas, hospitais, creches e asilos; locais de disposição de resíduos e descartes; usos recreativos; usos futuros planejados; localização de fontes públicas e privadas de abastecimento de água; localização de sistemas de drenagem; áreas agropecuárias circunvizinhas e biota.

No item 5.3 do Relatório, a Tecnohidro descreve de maneira satisfatória as áreas em estudo com base no Relatório da empresa EPA. Esta descrição inclui: uso e ocupação do solo, infraestrutura das comunidades e principais atividades.





## 3.4 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

### 3.4.1 Definição das áreas de estudo

Na seção 3 do Relatório são apresentadas as definições para as regiões de exposição, conforme segue: Região de Exposição Direta (RED); Região de Exposição Indireta (REI); e Região de Não Exposição (RNE). Nesta seção também são apresentadas as três Áreas Alvo (AA) de estudo da ARSH.

A Tecnohidro não descreve os critérios de definição das regiões de exposição e das áreas alvo. Além disso, não é explicado por que um trecho da área de estudo (Figura 3 do Relatório) não foi incluso nas áreas alvo. A NewFields entende que as informações de definição das áreas de exposição e das áreas alvo devem ser inclusas no relatório, trazendo clareza e transparência para análise dos dados.

Apesar do Relatório não apresentar esta descrição, a NewFields entende que as RNEs representam as localidades de referências definidas na seção 5.2 “Revisão dos Níveis de Concentração” das Diretrizes do MS:

“As localidades de referência representam áreas no local ou fora dele que não estão contaminadas. Nestas localidades podem ser obtidas amostras de cada compartimento ambiental que tenham as mesmas características básicas do compartimento ambiental de interesse do local de risco. Para determinar as localidades de referência é necessário o conhecimento sobre a história do local, as emissões e despejos, os caminhos existentes no local ou suas plumas de contaminação (se estão localizados encosta acima, se são contra os ventos, corrente acima, etc.).”

A NewFields sugere que o texto traga esta definição.

### 3.4.2 Premissas adotadas

Na seção 4 do Relatório são apresentadas as premissas utilizadas no estudo de ARSH, dentre as quais está a descrição de risco aceitável (subseção 4.1). A NewFields sugere que sejam inclusas as referências bibliográficas que sugerem a utilização destes valores.

### 3.4.3 Coleta, Avaliação e Validação dos Dados Ambientais

As Diretrizes do MS para ARSH requerem que o estudo contemple um “levantamento das substâncias químicas e suas concentrações” em cada compartimento ambiental das áreas em estudo. Além disso, as Diretrizes especificam no item 5.3 os requisitos mínimos para avaliação de dados ambientais e técnicas de amostragem, e no item 5.8 como determinar se os dados ambientais são representativos e confiáveis.

Embora estabeleça o que precisa ser verificado, as Diretrizes não descrevem quais parâmetros específicos são necessários para validar cada requisito de avaliação dos dados ambientais. No entanto, a ATSDR - constantemente mencionada nas Diretrizes do Ministério da Saúde - estabeleceu explicitamente os parâmetros para validação de cada um desses requisitos no Capítulo 5 do seu manual de avaliação de risco à saúde pública “*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*” (ATSDR, 2005), mencionando as técnicas de amostragem padronizadas da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e os procedimentos laboratoriais necessários.



Como o Brasil possui seus próprios procedimentos padronizados de amostragem e análises laboratoriais, eles devem ser usados para verificar os requisitos de validação dos dados ambientais mencionados nas seções 5.3 e 5.8 das Diretrizes do MS para ARSH.

Os mapas de localização dos pontos de coleta de amostras, apresentados no Anexo 2 do Relatório Final, permitem adequada visualização da abrangência das campanhas de amostragem realizadas nas áreas alvo. Com o objetivo de reforçar à qual tipo de amostra os mapas correspondem, sugere-se que seja evitado o uso de abreviações na legenda dos mapas.

#### 3.4.3.1 Métodos de Coleta de Amostras

O primeiro parágrafo da seção 5.4.1.2.6 (poeira domiciliar) e da seção 5.4.1.2.7 (raspagem de parede) afirma que “os trabalhos de coleta de água superficial em Mariana – MG (...)”. A frase deve ser corrigida para especificar as amostras de poeira domiciliar e raspagem de parede, respectivamente.

As seções 5.4.1.2.6 (poeira domiciliar), 5.4.1.2.7 (raspagem de parede), 5.4.1.2.8 (leite bovino), 5.4.1.2.9 (ovos), 5.4.1.2.10 (vegetais, tubérculos e hortaliças) e 5.4.1.2.11 (frutas) apresentam parágrafos que dizem que “a coleta de amostras de controle de qualidade (branco e duplicatas) seguiu procedimento estabelecido na norma ABNT NBR 16.435:2015 – Controle de qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento, e pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2011).” Os parágrafos precisam ser esclarecidos, pois ambas as normas não estabelecem procedimentos específicos de controle de qualidade para tais matrizes.

#### 3.4.3.2 Controle de Qualidade Analítica Laboratorial

As Diretrizes do MS para ARSH salientam que os dados ambientais devem ser avaliados para validação antes de serem utilizados no estudo de avaliação de risco. Em sua seção 5.3.2, é citado como parte integrante da avaliação dos dados e técnicas de amostragem:

“A Revisão Resumida de Dados é elaborada pela equipe de campo. Este resumo documenta a validade dos tempos de conservação das amostras, o desempenho dos instrumentos, calibração, brancos, recuperação substituta, recuperação das adições de padrões a uma matriz e identificação do composto.”

A discussão dos resultados de amostras duplicatas e brancos de campo descritas na Seção 5.4.1.3 do Relatório está de acordo com as normas brasileiras para controle de qualidade da amostragem ambiental.

Não foi verificada a coleta de amostras de branco de equipamento, recomendadas para verificação da eficiência do processo de descontaminação dos equipamentos utilizados para coleta de amostras, conforme o “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras” da Agência Nacional de Águas (ANA).

### 3.4.4 Impacto Ambiental

A Seção 5.4.3 do Relatório (Impacto Ambiental) apresenta os resultados das análises laboratoriais das amostras coletadas durante os serviços de campo executados para o estudo. A NewFields sugere que o título da seção seja alterado para “Resultados Analíticos e Avaliação Espacial” para refletir diretamente o tema abordado na seção.



Os seguintes pontos devem ser corrigidos na Seção 5.4.3 do Relatório:

- Na página 165 é necessário corrigir o título do Gráfico 10, o qual apresenta as concentrações de Manganês, não de ferro;
- O outlier detectado na RNE da Área Alvo 2 para cromo é 204 mg/kg e não 188 mg/kg conforme indicado no Relatório (página 172);
- As subseções da Seção 5.4.3.2 estão com título errado, referenciando serem resultados de solo superficial, sendo o correto solo subsuperficial;
- Na página 176 a descrição dos resultados de bário foi feita utilizando os dados do arsênio;
- Na discussão sobre os resultados das amostras de solo subsuperficial da Área Alvo 2, os resultados reportados acima dos valores de referência e respectivas amostras para alumínio, bário e arsênio não estão corretos (página 181);
- Na discussão sobre avaliação espacial dos dados de solo subsuperficial da Área Alvo 2, o níquel é incluído como composto que não apresentou excedência para o valor de referência no solo subsuperficial das amostras coletadas, porém, foi detectada excedência (página 190);
- Na discussão sobre os resultados das amostras de solo subsuperficial da Área Alvo 3, não é discutida a excedência observada para níquel (página 190);
- Na página 233 a descrição dos resultados do antimônio foi feita utilizando os dados de arsênio;
- Na página 244, o resultado de manganês da amostra ASP-11 não é compatível com a Tabela 30;
- Na página 270, o resultado de ferro da amostra ASB-10 não é compatível com a Tabela 37;
- A Tabela 68 está sem título (página 387).

### 3.4.5 Consolidação da Análise Espacial das Áreas Alvo

A NewFields considera que a abordagem apresentada nessa seção é também um ponto chave do Relatório. Para adicionar transparência ao critério utilizado para se determinar que um elemento químico está associado à composição química dos rejeitos da barragem de Fundão, recomenda-se que essa seção seja apresentada após a discussão dos níveis de concentração basal na região de estudo. Dessa forma, será possível discutir que os metais que apresentam concentrações nos rejeitos menores que os níveis de concentração basal para os compartimentos ambientais *solo* e *sedimento* estariam relacionados às concentrações naturais da região estudada e não à composição química dos rejeitos.

A Tecnohidro define que o alumínio é um composto relacionado ao rompimento e, em diversas partes do Relatório, afirma que “as concentrações (de alumínio) na RED são relativamente menores que as encontradas na RNE, tanto em subsuperfície quanto em profundidade.” Em concordância, as conclusões referentes ao modelo conceitual, apresentadas na seção 11.3 do Relatório, informam que:

“Referente ao Modelo Conceitual Atualizado: As SQI válidas associadas direta ou indiretamente ao evento, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo,



foram Alumínio, Ferro e Manganês nos compartimentos de solo, sedimento e água superficiais; De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os riscos quantificados para Ferro e Manganês para os cenários na RED referentes aos compartimentos de solo, sedimento e água superficiais podem ser associados ao evento; **De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, os riscos quantificados para as outras SQI válidas, tanto para os cenários na RED, quanto os cenários na RNE, não podem ser associados ao evento.**”

A NewFields sugere que as conclusões a respeito da correlação entre o rompimento e as concentrações de alumínio detectadas (destacadas no trecho acima) sejam enfatizadas ao longo do Relatório, não apenas nas conclusões.

### 3.4.6 Concentrações de Background (Nível de Base)

A discussão sobre os níveis de concentração basal nas áreas de estudo está adequada e adiciona ao estudo pontos importantes recomendados pelas Diretrizes do MS. A NewFields recomenda que seja utilizado o termo “nível de concentração basal” quando se faz referências às concentrações de background, garantindo a utilização do mesmo termo definido nas Diretrizes do MS.

#### 3.4.6.1 Solo

As discussões sobre os níveis de concentração basal (concentrações background) no solo são um ponto chave do relatório.

Sugere-se que seja indicado no texto e na Tabela 72 (Comparação de Concentrações de Background de Solo) à qual tipo de amostra de solo as concentrações de background foram definidas: solo superficial, solo subsuperficial, ou ambos. Adicionalmente, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 72, entende-se que as concentrações apresentadas para cada uma das regiões de exposição nas áreas alvos são as máximas concentrações detectadas nas amostras de solo superficial coletadas. Sugere-se que isso seja explicitado no texto da subseção ou no título da tabela.

#### 3.4.6.2 Sedimentos

Na subseção de discussão dos níveis de concentração basal nos sedimentos, sugere-se que seja indicado no texto e na Tabela 73 (Comparação de Concentrações de Background de Sedimento), à qual tipo de amostra de sedimento as concentrações basais foram definidas: sedimento superficial, sedimentos subsuperficial, ou ambos.

Adicionalmente, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 73, entende-se que as concentrações apresentadas para cada uma das regiões de exposição nas áreas alvos são as máximas concentrações detectadas nas amostras de sedimento superficial coletadas. Sugere-se que isso seja explicitado no texto da subseção ou no título da tabela.

#### 3.4.6.3 Água Superficial

Na página 410, não é especificado se os valores de background definidos para manganês são para a fração total ou dissolvida, sugerindo-se que seja indicada essa fração.



### 3.5 ROTAS AMBIENTAIS

Seguindo o exposto nas Diretrizes do MS para ARSH, as características ambientais da área podem interferir nas rotas de exposição. Dessa forma, as Diretrizes definem que algumas informações são:

“essenciais, tais como: topografia; tipo e localização de solo na maior escala possível; cobertura dos solos - que influenciará na infiltração e, conseqüentemente na velocidade de escoamento superficial; precipitação anual; temperatura; e hidrogeologia e a localização dos corpos superficiais em relação à área contaminada.”

As descrições dessas características ambientais são satisfatoriamente apresentadas pela Tecnohidro.

### 3.6 DADOS SOBRE EFEITOS NA SAÚDE

Em relação as informações sobre os efeitos na saúde, a metodologia do MS para ARSH afirma que:

“A equipe de avaliadores deverá estar familiarizada com a informação do local disponível e a utilidade que esta tem para conduzir a avaliação de saúde. Até onde seja possível, devem-se investigar as preocupações da comunidade com sua saúde e buscar dados sobre efeitos na saúde provocados pelas condições ambientais.”

O Anexo I das Diretrizes apresenta possíveis fontes para a verificação destas informações.

A Tecnohidro apresenta a avaliação de dados sobre efeitos na saúde utilizando as mesmas referências apresentadas pela empresa Ambios Engenharia e Processos (Ambios) e abordadas no “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG” (Relatório Final Ambios), o qual foi analisado pela NewFields no parecer técnico “Parecer Técnico – Avaliação do ‘Estudo de ARSH em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão’” (Parecer Técnico ARSH Ambios).

Desta maneira, destaca-se que o Relatório avalia 4 estudos de saúde relacionados às áreas estudadas:

- 1) EPISUS, 2016: “*Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice I);
- 2) EPISUS, 2018: “*Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018*”. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS (análise apresentada no Apêndice II);
- 3) ISS e Greenpeace, 2017: “*Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra Longa/MG afetada pelo desastre*” (análise apresentada no Anexo I);
- 4) ISS, 2018: “*Resultados de Exames Toxicológicos - Proposta de Novos Estudos - Contextualização sobre os Metais encontrados*” (análise apresentada no Anexo I).

Conseqüentemente, assim como descrito no parecer técnico da ARSH realizada pela Ambios, a NewFields considera satisfatório o levantamento de informações sobre os efeitos na saúde da população das áreas em estudo.



#### 4. PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH, em sua Seção 4, determinam que o levantamento das preocupações da comunidade deverá ser realizado em três fases distintas: preparatória (antes de visitar a área); visita à área; e socialização das informações da ARSH. As preocupações da comunidade com a sua saúde subsidiam as implicações à saúde pública e norteiam a comunicação do risco às populações expostas.

As Diretrizes do MS descrevem que a fase preparatória serve para mapear os diferentes atores da comunidade, “definir a estratégia de comunicação, antes de visitar o local, assim como a metodologia que será aplicada para levantar as preocupações da comunidade”, estabelecer canais de comunicação, e explorar técnicas e métodos para validar as informações da população.

Sobre as visitas as áreas, as Diretrizes afirmam que:

“Durante a realização das visitas à área, pode-se perceber a necessidade de levantar informações junto à população, utilizando-se de instrumentos de investigação, tais como, formulários, questionários e entrevistas. A necessidade de uso desses instrumentos precisa ser bem avaliada, pois implica no desenho de um estudo de investigação que, para ser construído e validado, necessita da seleção da área, bem como da amostra da população e realização de um teste piloto.”

A Tecnohidro utilizou em seu estudo de ARSH o levantamento de preocupações da comunidade elaborado pela Ambios no desenvolvimento do estudo de ARSH apresentado no “Relatório Final Ambios”. Desta maneira, a mesma análise apresentada pela NewFields no “Parecer Técnico ARSH Ambios” é aplicável:

“A Ambios realizou a articulação com as comunidades com o auxílio dos Agentes Comunitários de Saúde e visitou as áreas com o acompanhamento de profissionais das Secretarias Estaduais e/ou Municipais de Saúde. Conforme sugerido pelas Diretrizes do MS, que salientam que cada área de estudo possui características próprias, a Ambios tratou das preocupações de Mariana e Barra Longa de forma distinta. Novamente, apesar de não estar descrito no Relatório Final o processo de construção e validação da seleção da área e da amostra da população, a NewFields conclui – com base na descrição das visitas às áreas de estudo – que esta etapa foi realizada. Sugere-se trazer estas informações em mais detalhes para o Relatório Final, não deixando dúvidas de sua execução.

Em ambas as comunidades a Ambios realizou entrevistas e rodas de conversa com os moradores, e analisou os dados por meio da metodologia de Análise de Conteúdo (CAREGNATO & MUTTI, 2006). Não fica evidenciado no relatório a execução do teste piloto dos questionários aplicados nas entrevistas (conforme recomendado pelas Diretrizes e descrito anteriormente). Entretanto, a NewFields entende que os questionários foram aplicados como guias das conversas, não em um formato fixo de perguntas e respostas, o que dispensaria a aplicação do teste piloto.

Desta maneira, a NewFields entende que a etapa de levantamento das preocupações da comunidade foi realizada de maneira satisfatória, sendo recomendado, apenas, um maior detalhamento das fases descritas nas Diretrizes.”



Portanto, as preocupações levantadas foram:

- Mariana:
  - Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental, dengue e febre amarela;
  - Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos e leite;
  - Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, sinusites, coceiras e câncer;
  - Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.
- Barra Longa:
  - Saúde da população atingida: predominantemente relacionadas à saúde mental e labirintite, reações alérgicas dermatológicas e respiratórias, dengue, febre amarela, diarreia e Alzheimer;
  - Consumo de água e alimentos: predominantemente relacionadas ao consumo de água, frutas, legumes, verduras, ovos, leite e carne;
  - Peixes do rio e saúde: relacionada ao consumo de pescados do rio;
  - Meio ambiente e saúde: predominantemente relacionadas à exposição a lama, a poeira (intensificada pelo aumento no fluxo de veículos) e a problemas dermatológicos, respiratórios, alérgicos, oftalmológicos, coceiras e câncer;
  - Condições e qualidade de vida: predominantemente relacionadas à saúde mental.

## 5. SELEÇÃO DOS CONTAMINANTES DE INTERESSE

A seleção de contaminantes de interesse foi feita comparando os resultados analíticos obtidos a valores de referência adotados para cada compartimento ambiental. A seleção foi baseada na concentração máxima detectada para cada elemento químico em todos os compartimentos amostrados nas campanhas de amostragem da Ambios. As concentrações dos metais analisados nas amostras coletadas são apresentadas em tabelas, conforme recomendação das Diretrizes do MS para ARSH.

Os valores de referência utilizados foram:

- Água para consumo humano e água subterrânea: Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro);
- Água superficial: Resolução CONAMA nº 357/2005;
- Alimentos: ANVISA RDC nº 42/2013 e FAO Codex Alimentarius;
- Sedimentos: Resolução CONAMA nº 454/2012 – Nível 1;



- Solo: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Investigação;
- Poeira: Resolução CONAMA nº 420/2009 – Valores de Investigação em Solo.

A Tecnohidro conclui adequadamente a seleção de contaminantes de interesse após a comparação com os valores de referência. Entretanto, a NewFields sugere algumas adequações, conforme descrito a seguir.

Com o objetivo de dar transparência ao processo de seleção de contaminantes de interesse, sugere-se indicar a fonte na qual são baseados os critérios da segunda seleção de contaminantes de interesse (Seção 7, páginas 482 e 483), e detalhar como o item (3) foi validado.

É de entendimento da NewFields que os metais que apresentam concentrações nos rejeitos menores que os níveis de concentração basal para os compartimentos ambientais *solo* e *sedimento* estariam relacionados às concentrações naturais da região estudada e não à composição química dos rejeitos. Adicionalmente, a NewFields interpreta que os metais que podem ser associados ao evento seriam aqueles que apresentaram concentrações nas regiões diretamente e indiretamente afetadas maiores que os locais de referência estudados (regiões de não exposição) e maiores que os níveis de concentração basal definidos no estudo. Esse não é o caso para alumínio, que conforme detalhado no próprio relatório, possui as menores concentrações nas REDs. Dessa forma, entende-se que alumínio não deve ser considerada uma SQI associada ao rompimento.

As Diretrizes do MS e a ATSDR entendem que a seleção de contaminantes de interesse é um processo de triagem, que visa evidenciar e focar o desenvolvimento da ARSH nos compostos que excedem os padrões legais selecionados. A Tecnohidro opta por desenvolver as etapas seguintes da ARSH para todos os compostos analisados na campanha de amostragem. Essa é uma abordagem conservadora e não é tratada em detalhes pelas referências metodológicas (Diretrizes do MS e ATSDR), entretanto, não há contra indicações de seu uso. A NewFields recomenda que a ARSH seja desenvolvida apenas para os contaminantes de interesse selecionados, visando uma ARSH focada em compostos que possam representar risco à saúde humana. Além disso, restringir a análise aos contaminantes de interesse pode representar uma oportunidade de otimização de tempo e custos relacionados a elaboração do estudo.

Complementarmente, nesse mesmo sentido, a NewFields recomenda que sejam salientados quais compostos apresentaram excedências para cada área alvo e compartimento ambiental amostrado.

As Diretrizes do MS em sua Seção 5.1.1, afirmam que na etapa de seleção de contaminantes de interesse, “o avaliador deve assinalar as tendências ao discutir os dados (...) Considerando, de forma específica, a distribuição espacial, os ‘pontos críticos’, as mudanças de concentração no tempo e as diferenças de contaminação entre os compartimentos ambientais.” A NewFields entende que a Tecnohidro aborda adequadamente esse requisito.

## 6. MECANISMOS DE TRANSPORTE

De acordo com a seção 5.5 das Diretrizes do MS para estudos de ARSH, “os mecanismos de transporte indicam como cada contaminante de interesse, devido às suas características físico-químicas e às condições ambientais existentes no local, migram desde as fontes de emissão até os pontos onde a exposição humana pode ocorrer.” A NewFields entende que a descrição dos mecanismos de transporte está apresentada na seção 10.1.3 (Perfis Toxicológicos) do Relatório, e





que a seção 8 (Mecanismos de Transporte) apresenta a discussão sobre as fontes de contaminação e os compartimentos ambientais selecionados.

Desta maneira, a NewFields sugere que a discussão dos mecanismos de transporte seja apresentada na seção 8 e a discussão a respeito das fontes e compartimentos ambientais seja apresentada na seção 9 (Identificação e avaliação de rotas de exposição).

## 7. IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ROTAS DE EXPOSIÇÃO

Conforme a seção 6 das Diretrizes do MS, “uma rota de exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação”, sendo necessariamente composta por cinco elementos: (1) fonte de contaminação; (2) compartimento ambiental; (3) ponto de exposição; (4) via de exposição; e (5) população receptora. Além disso, a seção também traz a definição de rotas potenciais e completas.

A Tecnohidro traz a definição das fontes de contaminação e compartimentos ambientais selecionados na seção 8 (Mecanismos de Transporte) do Relatório, porém, conforme salientado na seção 6 deste parecer, a NewFields recomenda que esta discussão seja apresentada na seção 9 (Identificação e avaliação de rotas de exposição). Os demais elementos das rotas de exposição são definidos nas subseções da seção 9.

Para facilitar o entendimento das definições utilizadas pela Tecnohidro, a NewFields sugere que a subseção 9.3 (rotas de exposição e pontos de exposição) seja apresentada antes da subseção 9.2 (vias de ingresso). Também se sugere que o item 9.1 (caracterização das rotas de exposição) seja removido, evitando conflitos de entendimento com o conteúdo apresentado na subseção 9.3.

A seção 9.5 traz a consolidação das rotas de exposição consideradas completas. A NewFields recomenda a apresentação de um resumo destas rotas no formato sugerido pelas Diretrizes (Figura 1).

Figura 1: Quadro 4 (Rotas de exposição) das Diretrizes do MS.

Elementos da rota de exposição						
Rota Nome	Fonte	Meio ambiente	Ponto de Exposição	Via de Exposição	População Receptora	Tempo

As seguintes rotas de exposição não foram consideradas:

- Trabalhadores rurais e comerciais:
  - Água superficial: contato dérmico e ingestão acidental;
  - Consumo de frutas, hortaliças e tubérculos: cultivadas em solo contaminado; irrigadas com água subterrânea contaminada; e, irrigadas com água superficial contaminada;



- Consumo de ovos e leite de animais: criados em solo contaminado; que ingerem água subterrânea contaminada; e que ingerem água superficial contaminada;
- Trabalhadores de obras civis:
  - Sedimento: contato dérmico e ingestão acidental;
  - Água subterrânea: contato dérmico; ingestão; e, ingestão de água de abastecimento público proveniente de água subterrânea;
  - Água superficial: contato dérmico; ingestão acidental; e, ingestão de água de abastecimento público proveniente de água superficial;
  - Consumo de frutas, hortaliças e tubérculos: cultivadas em solo contaminado; irrigadas com água subterrânea contaminada; e, irrigadas com água superficial contaminada;
  - Consumo de ovos e leite de animais: criados em solo contaminado; que ingerem água subterrânea contaminada; e que ingerem água superficial contaminada.

A NewFields entende que estas rotas atendem aos cinco pré-requisitos para estabelecimento de rotas de exposição completas (fonte de contaminação; compartimento ambiental; ponto de exposição; via de exposição; e população receptora) e, desta maneira, elas não deveriam ser excluídas desta análise e das análises subseqüentes. Caso seja de entendimento da Tecnohidro que essas rotas de exposição não são aplicáveis às áreas de estudo, devem ser incluídas as devidas explicações para sua remoção.

Com relação ao modelo conceitual de exposição apresentado na subseção 9.6, sugere-se a inclusão de uma legenda indicando o significado das setas pontilhadas e das diferentes cores utilizadas. Como estas informações não estão disponíveis, não foi realizada uma avaliação detalhada desta representação do modelo conceitual.

Na seção 6.5. - Identificação de Populações Receptoras, as Diretrizes do MS salientam que:

“O último elemento de uma rota de exposição é a população que está potencialmente ou de fato exposta, por meio das vias de exposição, aos contaminantes presentes na área. Cada rota deve ser considerada com relação às populações (trabalhadores, residentes, populações de passagem, pescadores) que devem ser identificadas com a maior precisão possível. Por exemplo, se a única rota de exposição for via solo contaminado em uma área residencial ao longo do limite norte de uma zona de estudo, os residentes de dita área seriam a população de interesse para a rota e não toda comunidade que habitasse em um raio de 1 Km da área de estudo. Entretanto, todos os usuários de um abastecimento de água municipal deveriam ser a população exposta de interesse, caso seja observado a contaminação deste abastecimento. Caso a contaminação tenha sido constatada em um poço privado, a população exposta seria somente a de usuários deste poço.”

O Relatório não apresenta uma discussão em relação a identificação das populações receptoras em Mariana e Barra Longa. Apesar de identificar os tipos de receptores, não apresenta uma delimitação física da área dentro da qual este tipo de receptor é considerado exposto. A NewFields entende que esta delimitação deve ser descrita no Relatório.



## 8. IMPLICAÇÕES À SAÚDE PÚBLICA

### 8.1 ANÁLISE DE TOXICIDADE

De acordo com a Seção 7.1.6 das Diretrizes do Ministério da Saúde, dentre os valores de referência de saúde (diretrizes de saúde) a serem utilizados para comparação das doses de exposição estimadas no estudo de avaliação de risco à saúde estão os níveis de risco mínimo (MRL) definidos pela ATSDR e as Doses de Referência (RfD) definidas pela USEPA.

O Relatório discute na Seção 10.1.1 sobre como as RfDs da USEPA são definidas, porém, não apresenta discussão sobre os MRLs da ATSDR. A NewFields recomenda que seja discutida a definição e utilização dos MRLs em um estudo de ARSH, uma vez que esses valores devem ser a referência prioritária para comparação das doses de exposição.

Com relação à discussão sobre as RfDs apresentadas no Relatório, a afirmação de que as concentrações de referência (RfC) representam concentrações “às quais um indivíduo pode ser exposto todos os dias durante toda a vida sem danos” não está de acordo com o definido pela USEPA. A definição das RfCs é semelhante à definição da RfD e indica uma concentração que representa uma exposição que “provavelmente seja isenta de risco apreciável de efeitos deletérios” (conforme o Relatório) à saúde.

Na Seção 10.1.3.4, sobre o perfil toxicológico do bário, deve ser indicado que os MRLs apresentados são relacionados à exposição a sais solúveis de bário e não o próprio metal em sua forma elementar.

Na Seção 10.1.3.6, sobre o perfil toxicológico do chumbo, devem ser discutidos outros métodos de avaliação da exposição a esse metal, como a aplicação dos modelos farmacocinéticos IEUBK (*Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model*, para avaliação da exposição ao chumbo para crianças menores que 7 anos) e ALM (*Adult Lead Methodology*, para avaliação da exposição ao chumbo para adultos).

A unidade de medida da dose de referência proveniente das tabelas HEAST (*Health Effects Assessment Summary Tables*) da USEPA para cobre na Seção 10.1.3.8 não está correta. As tabelas HEAST definem uma RfD em mg/L, enquanto no relatório é reportado em mg/kg.dia. Essa dose de referência (1,3 mg/L) foi utilizada pela USEPA, considerando parâmetros de exposição padrão, para obter a dose de referência de 0,04 mg/kg.dia, que é utilizada na definição dos *Regional Screening Levels* (RSL) da agência americana.

Na Seção 10.1.3.12, sobre o perfil toxicológico do mercúrio, deve ser indicado que os MRLs de 0,007 mg/kg.dia (exposição oral aguda) e 0,002 mg/kg.dia (exposição oral crônica) apresentados são relacionados à exposição a cloreto de mercúrio e não ao metal em sua forma inorgânica (que inclui outras espécies).

### 8.2 CÁLCULO DA DOSE DE EXPOSIÇÃO

#### 8.2.1 Concentrações no Ponto de Exposição

Na Seção 10.2.1, sobre Concentrações no Ponto de Exposição, não foi especificado qual a metodologia utilizada para a definição da concentração nos pontos de exposição localizados nas regiões de não-exposição (RNE). Essa metodologia deve ser indicada no Relatório.



De acordo com a Seção 10.2.1, foi adotada a metodologia *Upper Confidence Limit* (UCL95%) para a definição das concentrações nos pontos de exposição localizados nas regiões de exposição indireta (REI). Conforme o Relatório, o software ProUCL (versão 5.1) foi utilizado para a determinação desses valores. O guia “*ProUCL Version 5.1 User Guide*” da USEPA (2015), indica que é recomendado um número mínimo de 10 resultados para a aplicação dos métodos estatísticos do programa. O mesmo documento afirma também que, do ponto de vista matemático, para um conjunto de dados menor que 10 resultados é possível realizar os cálculos para a obtenção do UCL95%, porém, esses resultados podem não ser representativos e confiáveis para a definição de ações voltadas à minimização de potenciais riscos à saúde. Para diversos compartimentos ambientais amostrados para a realização do estudo, em diferentes regiões de exposição e áreas alvo, o número de amostras coletadas não satisfaz a recomendação da USEPA. A Tecnohidro apenas discute sobre a aplicação da metodologia do UCL95% para conjunto de dados pequenos (<10) nas seções 10.2.3.1 e 11.3 do Relatório, de forma breve. Sugere-se que essa discussão sobre a aplicabilidade e representatividade dos UCL95% calculados para conjuntos de dados inferiores a 10 resultados para as conclusões da ARSH deve ser realizada e detalhada na Seção 10.2.1 do Relatório.

### 8.2.2 Parâmetros Expositivos

Com relação aos parâmetros expositivos utilizados para o cálculo da dose de exposição, o Relatório apresenta uma discussão detalhada dos critérios utilizados para a seleção dos mesmos.

Conforme o documento, foram considerados dois grupos populacionais para o cálculo das doses de exposição e estimativas de risco: crianças de 0 a 12 anos; e, adultos maiores que 12 anos. Na apresentação dos parâmetros expositivos para cada rota de exposição, alguns dos parâmetros foram apresentados para diferentes grupos de faixa etária, não necessariamente similares aos grupos populacionais utilizados para o cálculo. Recomenda-se, para cada rota de exposição avaliada, indicar qual o valor dos parâmetros expositivos aplicáveis para os dois grupos populacionais que foram o foco do estudo.

Com relação à ingestão direta de água, foram utilizados os valores previstos na Ferramenta Digital da CETESB para Avaliação de Risco à Saúde Humana. Esses valores são compatíveis com os valores recomendados pelas Diretrizes do MS para ARSH. Sugere-se que essa compatibilidade seja destacada no documento.

Com relação à ingestão acidental de água durante atividades de recreação, sugere-se que seja destacado que as Diretrizes do MS não apresentam recomendação específica para esse tipo de exposição.

### 8.2.3 Simulação de Monte Carlo

O cálculo da dose de exposição foi realizado pela Tecnohidro através do uso de Simulação de Monte Carlo. Esse tipo de simulação é classificado como um método probabilístico e a USEPA discute continuamente sua aplicação em estudos de ARSH. De acordo com o documento “*Risk Assessment Forum White Paper: Probabilistic Risk Assessment Methods and Case Studies*” da USEPA (2014), o *National Research Council* (NRC) dos EUA sugere que métodos probabilísticos sejam aplicados em uma abordagem por fases (*tiered approach*). A Tecnohidro não faz uso da abordagem por fases e aplica a Simulação de Monte Carlo para todos os metais avaliados.

Nesse sentido, é recomendado que métodos probabilísticos como a Simulação de Monte Carlo sejam aplicados depois da realização de estimativas de exposição a partir de métodos determinísticos (que não envolvem o conceito de probabilidade, frequências de distribuição e usam



parâmetros exposicionais fixos únicos). Apenas para a análise de contaminantes de interesse que excedam aos valores de referência de saúde utilizando métodos determinísticos é sugerida a aplicação dos métodos probabilísticos (e.g. Simulação de Monte Carlo).

A Tecnohidro apresenta os cálculos das doses de exposição a partir de parâmetros exposicionais fixos (método determinístico), conforme recomendação da US EPA (2014). Os resultados utilizando o método determinístico são indicados como a máxima exposição razoável (MER) no Anexo 6 e como Risco Máximo nas tabelas da Seção 10.4.4. De acordo com o documento “*Guiding Principles for Monte Carlo Analysis*” da USEPA (1997), o objetivo da Simulação de Monte Carlo é caracterizar quantitativamente as incertezas e variabilidade na estimativa de exposições ou risco. Nesse sentido, a USEPA define condições para aplicação dessa análise, que são descritas adequadamente no Relatório.

Dentre as condições definidas pela USEPA, os seguintes tópicos devem ser mais bem detalhados no documento:

- Resultados da análise de sensibilidade, indicando quais fatores de exposição mais influenciam nos resultados da Simulação de Monte Carlo;
- Discussão da tendência central dos resultados da Simulação e valores críticos;
- Comparação dos resultados da Simulação com cálculos determinísticos para estimativa da exposição.

#### 8.2.4 Análise Comparativa de Riscos

A apresentação dos resultados das estimativas de riscos não carcinogênicos e carcinogênicos apresentadas na Seção 10.4.4 do Relatório apresentam incongruências que devem ser ajustadas, a saber:

- Risco não carcinogênico para residentes rurais e urbanos (crianças) considerando efeitos no sistema gastrointestinal (SGI) na REI da AA2 somente é indicado na Tabela 108, não sendo descrito na Seção 10.4.4.4.1 do Relatório;
- Risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (adultos) expostos à Arsênio MMA por ingestão de leite (compartimento solo superficial) na REI da AA2 somente é indicado na Tabela 108, não sendo descrito na Seção 10.4.4.4.2 do Relatório;
- O texto da Seção 10.4.4.5.1 do Relatório descreve a identificação de risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (crianças) associado à exposição a água superficial, que não é apresentado na Tabela 109;
- Risco carcinogênico para residentes rurais (adultos) expostos à Arsênio por ingestão de partículas (compartimento sedimento) na RED da AA2 somente é indicado na Tabela 109, não sendo descrito na Seção 10.4.4.5.2 do Relatório;
- Risco carcinogênico para residentes rurais (adultos) expostos à Arsênio por ingestão (compartimento água subterrânea) na RED da AA2 somente é indicado na Tabela 109, não sendo descrito na Seção 10.4.4.5.2 do Relatório;
- Risco não carcinogênico para residentes rurais (crianças) considerando efeitos nos pulmões, na REI da AA3 somente é indicado na Tabela 111, não sendo descrito na Seção 10.4.4.7.1 do Relatório;



- Risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (adultos) expostos à Arsênio por ingestão de partículas (compartimento poeira domiciliar) na REI da AA3 somente é indicado na Tabela 111, não sendo descrito na Seção 10.4.4.7.2 do Relatório;
- Risco carcinogênico para residentes rurais e urbanos (adultos) expostos à Arsênio III por ingestão de água subterrânea na REI da AA3 somente é descrito no texto da Seção 10.4.4.7.2, não sendo apresentado na Tabela 111.

### 8.3 COMPARAÇÃO DO NÍVEL DE EXPOSIÇÃO COM “VALORES DE REFERÊNCIA”

As Diretrizes do MS para ARSH definem, em sua seção 7.1.6 (Comparação do Nível de Exposição com “Valores de Referência”):

“Para avaliar se os contaminantes de interesse têm a possibilidade de comprometer a saúde, nas condições específicas de exposição existentes no local, deve-se comparar as estimativas da dose de exposição com os valores de referência de saúde. Para definir o nível do risco à saúde, para ocorrência de efeitos lesivos não-carcinogênicos, podem ser utilizados como indicadores os Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR e a Dose de Referência (RfD) da EPA ou outros valores de referência de outros países.”

É importante destacar que, uma vez tomados como referência valores estabelecidos por órgãos de saúde internacionais, devem ser consideradas todas as premissas e instruções de utilização de valores de referência de saúde definidas por esses órgãos. Todas essas premissas e considerações necessárias para uso desses valores de referência devem ser discutidas pela Tecnohidro em seu relatório final, trazendo adequado embasamento às conclusões apresentadas na seção de implicações à saúde.

O fluxograma de comparação das doses de exposição com valores de referência (ambientais e de saúde) estruturado pela ASTDR (2005) recomenda a avaliação em duas etapas principais, sendo: (1) comparação das concentrações das substâncias químicas de interesse com valores de referência ambientais; e (2) comparação das doses de exposição estimadas com valores de referência de saúde.

Dentre os valores de referência ambientais desenvolvidos pela ATSDR, encontram-se os parâmetros denominados EMEGs (*Environmental Media Evaluation Guidelines* – Guias de Avaliação dos Compartimentos Ambientais), mencionados na seção 5 (Seleção de Contaminantes de Interesse) das Diretrizes do MS para ARSH, e que são calculados com base nos MRLs desenvolvidos pela ATSDR. Além dos EMEGs, a ATSDR desenvolveu também valores de referência ambientais denominados RMEGs (*Reference Dose Media Evaluation Guides* – Guias de Avaliação de Compartimentos Ambientais a partir de Doses de Referência), que são calculados com base nas doses de referência de exposição oral crônica da USEPA.

Com relação à comparação das doses de exposição com valores de referência de saúde, de acordo com a ATSDR (2005):

“os MRLs servem apenas como uma ferramenta de triagem para ajudar o avaliador a decidir se deve ou não proceder a uma análise mais detalhada das substâncias encontradas no local de interesse. O objetivo dos MRLs não é definir níveis de descontaminação ou de ação. As doses de exposição superiores aos MRLs não pressupõem, necessariamente, a ocorrência de efeitos adversos à saúde.”



Além disso, também de acordo com a ATSDR (2005),

“a comparação com valores de referência de saúde permitirá identificar (1) substâncias que se encontram abaixo de valores de referência conservadores e que não possuem potencial de representar perigo à saúde; (2) substâncias que se encontram acima de valores de referência e requerem avaliações mais detalhadas.”

A Tecnohidro realiza as análises comparativas das doses de exposição estimadas com os valores de referência de saúde para efeitos não carcinogênicos através de quocientes de risco (QR) ou quociente de periculosidade (HQ). Esses quocientes representam a razão entre a dose de exposição calculada e o valor de referência utilizado pelo estudo. Essa abordagem é ligeiramente diferente do que é comumente realizado pelo Ministério da Saúde e ATSDR, porém, corresponde ao mesmo procedimento.

Não é indicado como foi feita a comparação para efeitos carcinogênicos, o que deve ser detalhado pela Tecnohidro.

A Tecnohidro utiliza o valor mais restritivo entre RfD e MRL para a obtenção do QR. Para facilitar o entendimento do valor utilizado para cada composto avaliado, a NewFields sugere que seja apresentado no documento qual foi o valor mais restritivo adotado e sua respectiva referência. Conforme a ATSDR (2005), o MRL deve ser priorizado e na ausência desse “RfDs ou RfCs da USEPA devem ser utilizados”.

A Tecnohidro avalia inicialmente os quocientes calculados para cada contaminantes de interesse. Uma vez que a definição dos valores de referência de saúde (MRLs ou RfDs) é condicionada ao “*end point*” (órgão-alvo) que foi objeto do estudo científico utilizado para a derivação desses valores, em termos toxicológicos, somente podem ser somados os quocientes de riscos obtidos para diversas substâncias quando os órgãos alvos são os mesmos. A Tecnohidro corretamente leva em consideração os *end points* relacionados a cada contaminantes de interesse ao fazer o somatório dos quocientes de risco calculados.

Para os objetivos do estudo (avaliação de risco à saúde pública), a avaliação deve ser focada na comparação das doses de exposição estimadas para cada substância, em cada rota de exposição avaliada, com os valores de referência de saúde. Na ocorrência de excedência ao valor de referência de saúde, deve-se prosseguir com o recomendado pela ATSDR (2005) no Capítulo 8 do *Public Health Assessment Guidance Manual (PHAGM)*.

A Tecnohidro adequadamente prossegue com a avaliação crítica das doses de exposição estimadas e os valores de referência de saúde utilizados, conforme o PHAGM. Entretanto, a avaliação crítica dos metais alumínio e cobalto foi limitada apenas à comparação das doses de exposição calculadas com os níveis de efeito adverso não observados (NOAEL) relacionados aos estudos utilizados para a definição dos valores de referência de saúde. Conforme descrito no PHAGM, são aspectos que também devem ser avaliados para esses dois metais: biodisponibilidade; forma química dos metais avaliados; dados adicionais de outros estudo dose-resposta; e, propriedades toxicocinéticas e farmacocinéticas específicas de cada metal (absorção, distribuição, metabolismo e eliminação).

Para avaliação de risco à saúde humana pela exposição ao chumbo, conforme indicado na Seção 8.1 deste parecer, devem ser utilizados os modelos farmacocinéticos IEUBK (*Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model*, para avaliação da exposição ao chumbo para crianças menores que 7 anos) e ALM (*Adult Lead Methodology*, para avaliação da exposição ao chumbo para adultos). Esses modelos são internacionalmente reconhecidos para aplicação em estudos de ARSH que



envolvem chumbo e são cientificamente validados para a estimativa dos níveis de chumbo no sangue de seus receptores-alvo.

### 8.3.1 Considerações Adicionais

A ATSDR (2005) apresenta em sua seção 7.5 (“*Presenting Screening Analysis Findings in the Public Health Assessment Document*”), considerações importantes quanto a apresentação dos resultados da comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Tais considerações, apresentadas a seguir, são importantes para a comunicação acessível e transparente dos resultados obtidos e devem ser adotadas pela Tecnohidro em seu Relatório:

- A avaliação de risco à saúde humana deve incluir um resumo do processo de comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde. Esse resumo deve ser escrito em termos não-técnicos e deve incluir uma descrição do uso e das limitações desse tipo de comparação;
- Esse resumo deve salientar que o processo de estimativa das doses de exposição e comparação com os valores de referência é uma etapa de triagem das substâncias químicas a serem avaliadas detalhadamente, enfatizando que esse processo de triagem não identifica efeitos adversos à saúde;
- O documento de avaliação de risco à saúde humana deve indicar claramente todas as considerações utilizadas para a seleção das concentrações das substâncias químicas de interesse, valores de referência ambientais, variáveis para a estimativa da dose de exposição e valores de referência de saúde;
- Deve também ser indicado claramente quais substâncias foram selecionadas para uma avaliação mais detalhada da exposição e o porquê dessa seleção; assim como quais substâncias foram determinadas como não tendo potencial de representar perigo à saúde e o porquê.

Alguns dos contaminantes de interesse selecionados são metais essenciais. Metais essenciais são extremamente comuns no meio ambiente, particularmente em áreas que possuem significativa ocorrência natural de metais, como é o caso de muitas áreas no estado de Minas Gerais. Esses metais possuem curva dose-resposta em formato de U, o que significa que esses compostos possuem, ao mesmo tempo, um requisito de dose mínima conhecida em um organismo e uma dose mais alta, relacionada a efeitos toxicológicos. As Diretrizes de ARSH do MS não tratam claramente da análise da caracterização de riscos pela exposição à metais essenciais. Entretanto, a NewFields entende que esta discussão é importante, pois a forma química de um determinado metal, tal como ferro e manganês, tem efeito significativo na mobilidade, biodisponibilidade e toxicidade humana desse metal. Sendo assim, recomenda-se a inclusão de discussão sobre os contaminantes de interesse que se caracterizam como metais essenciais.

## 8.4 RISCO QUANDO A POTABILIDADE

Na seção 10.5 do Relatório é apresentada uma comparação dos resultados das análises de água superficial, subterrânea e para consumo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Padrão de Potabilidade Brasileiro). A Tecnohidro conclui que as excedências aos padrões da Portaria são relativas a alumínio, ferro e manganês, todos compostos que fazem parte dos padrões organolépticos da Portaria. A NewFields sugere que seja incluída a definição de propriedades organolépticas, enfatizado que a excedência a estes padrões não indicam risco à saúde.





Na apresentação da comparação dos resultados de água superficial, subterrânea e para consumo é necessário remover a citação sobre cenários de exposição, uma vez que esses não se aplicam para uma avaliação do atendimento ao padrão de potabilidade.

Em adicional, a NewFields sugere que esta seção do Relatório trate da classificação da água superficial em relação a Resolução CONAMA nº 357/2005. O Rio Doce é classificado como Classe 2 e, de acordo com as limitações estabelecidas nesta resolução, suas águas apenas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional.

De acordo com o exposto no item 3.4.5 deste parecer técnico, as considerações sobre correlação com o rompimento apresentadas nesta seção do Relatório da Tecnohidro devem incluir as conclusões relacionadas a correlação do alumínio.

## 8.5 RESPOSTAS ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As Diretrizes do MS para ARSH em sua seção 7.3 - Resposta às Preocupações da Comunidade, afirma que “deve haver o cuidado de nortear as pesquisas e estudos no sentido de não só estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas às questões apresentadas pela mesma.” As Diretrizes também concluem que:

“Ao término de todo o estudo de avaliação de risco, a equipe de investigadores deve fazer uma reunião com a população, com o objetivo de transmitir todo o conteúdo dos estudos. Dados de análises ambientais e de saúde devem ser transmitidos de modo consolidado, para que não se crie um clima de conflito dentro da comunidade.” (seção 4)

Conforme exposto na seção 4 deste parecer, a Tecnohidro utilizou o levantamento de preocupações da comunidade realizado pela Ambios.

Apesar de apresentar os riscos para cada Área Alvo e compartimento de maneira individualizada nas tabelas 113 a 115, a seção 10.6 do Relatório da Tecnohidro responde às preocupações da comunidade de maneira abrangente e agrupada, conforme descrito no trecho a seguir:

“(…) foi possível quantificar risco acima dos limites aceitáveis para os cenários de ingestão de partículas de solo, ingestão de poeira domiciliar, contato dérmico e ingestão de partículas de sedimento, ingestão de ovos, leite, hortaliças e tubérculos. Entretanto, conforme exposto ao longo do relatório, estes riscos ocorrem em Regiões de Exposição Direta (RED) a lama de rejeitos, Regiões de Exposição Indireta (REI) a lama de rejeitos e também Regiões de Não Exposição (RNE) a lama de rejeitos. Esta tendência indica claramente que existem riscos que podem ser relacionados ao evento de rompimento e a lama de rejeitos por ele gerada, bem como risco não relacionados ao evento mas relacionado a concentrações de metais que ocorrem naturalmente em concentrações que geram risco nas áreas alvo estudadas. (...)”

A exposição de populações a SQI a partir dos cenários exposicionais listados acima podem gerar efeitos adversos a saúde como alergias respiratórias, irritações dérmicas, entre outros efeitos discutidos na Análise de Toxicidade.” Página 949 do Relatório.

O agrupamento de áreas distintas não é recomendado pelo MS, tanto pelo fato de as preocupações das comunidades serem distintas, quanto pelo fato de as áreas apresentarem contaminantes de interesse diferentes. As preocupações da comunidade devem ser respondidas separadamente para o município de Mariana e Barra Longa, e devem seguir a estrutura de tópicos



listada na seção 6.1 do Relatório. O objetivo é trazer respostas claras e objetivas as preocupações levantadas pela comunidade.

As Diretrizes afirmam, também em sua seção 7.3, que o objetivo desta seção é “tentar esclarecer algumas dúvidas da população, dentro do escopo de ação deste relatório e do que é possível para a equipe.” Como o estudo de ARSH conclui sobre implicações à saúde baseados na definição dos contaminantes de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos, ele não pode concluir sobre doenças vetoriais e implicações à saúde mental e condições/qualidade de vida, já que os contaminantes de interesse não estão relacionados diretamente à ocorrência destes agravos. Seguindo o estabelecido nesta seção das Diretrizes, a Tecnohidro não responde as preocupações da comunidade relacionadas a saúde mental, casos de dengue e febre amarela, e relacionadas as condições e qualidade de vida e justifica essa ação.

## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As Diretrizes do MS para ARSH reportam que o último capítulo da avaliação deve elaborar “conclusões e recomendações para atender aos propósitos da avaliação de risco e discutir as preocupações da comunidade.” Para tanto devem ser levados em consideração “as definições de saúde da Constituição, os princípios e diretrizes do SUS, as limitações do modelo de avaliação de risco e especificidades do processo de adoecimento da população.” A partir dessas premissas e dos resultados dos passos anteriores da ARSH, se categoriza o risco do local, e se elaboram recomendações para a situação atual.

A Seção 11.2 do Relatório discute a necessidade de execução de serviços adicionais na Área Alvo 1 com o objetivo de que os potenciais riscos sejam quantificados adequadamente para essa área, uma vez que o número de pontos amostrados foi pequeno. Em seguida, é mencionado que esses serviços adicionais permitirão responder questões de saúde clínica. Entretanto, o estudo de avaliação de risco à saúde humana, conforme o escopo do Relatório, não faz conclusões acerca da saúde clínica das populações.

Na Seção 11.3, onde é apresentado um resumo dos resultados analíticos obtidos, é citada a detecção de concentrações de Cobre nas amostras de solo superficial acima dos valores de referência legais aplicados. Entretanto, essa detecção não é reportada na Seção 5.4.3.1 do Relatório. Adicionalmente, na Seção 11.3 não é citada a detecção de Antimônio nas amostras de solo superficial acima dos valores de referência utilizados. Esses pontos devem ser ajustados no Relatório.

Na Seção 11.3, onde é apresentado um resumo dos resultados quantitativos da avaliação de risco à saúde humana, foram observadas inconsistências entre o resumo apresentado e os resultados apresentados nas tabelas da Seção 10.4.4 do Relatório (ver Seção 8.2.4 desse parecer técnico). Esse resumo deve ser ajustado de modo a refletir corretamente os resultados apresentados nas tabelas da Seção 10.4.4 do Relatório

A seção 12.1 do Relatório apresenta as recomendações de saúde, dentre elas estão ações de Vigilância e Atenção. Na descrição destas ações recomenda-se que a exposição aos riscos seja dividida em três categorias: “i. Riscos associados as SQI quimicamente relacionadas ao Rejeito de Fundão; ii. Riscos associados as SQI relacionadas ao Evento de Rompimento; iii. Riscos associados as SQI que possuem relação do os Níveis de Base (Background).” A primeira categoria, “SQI



quimicamente relacionadas ao rejeito”, deve ser removida de todas as recomendações, já que o Relatório classifica as SQI em *relacionadas ao rompimento* e *relacionadas aos níveis de base*. Da mesma forma, esta classificação deve ser removida da seção 12.2 do Relatório.

Como exposto nesse documento, existem pontos relacionados a seleção de contaminantes de interesse, cálculo da dose de exposição, determinação das implicações à saúde das populações e resposta às preocupações da comunidade que precisam ser mais bem trabalhados.

A NewFields está de acordo com a categorização das Áreas Alvo como Categoria A. Entretanto, as ações de saúde precisam refletir os ajustes discutidos neste parecer técnico.

## 10. CONCLUSÃO DO PARECER TÉCNICO

A avaliação do “Relatório técnico - Avaliação de risco à saúde humana metodologia Ministério da Saúde - Mariana - MG” (Relatório), elaborado pela empresa Tecnohidro Engenharia São Paulo (Tecnohidro), permite concluir que o estudo foi executado seguindo os passos principais recomendados pelas Diretrizes do Ministério da Saúde para avaliação de risco à saúde humana (ARSH).

Entretanto, a avaliação crítica desse estudo observou alguns pontos das Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH que precisam ser revisados.

Gary Krieger, Vice-Presidente, MD, MPH, DABT, DTM&H



## Referências

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). “Public Health Assessment Guidance Manual (Update)”. Atlanta, USA, 2005.

Ambios Engenharia e Processos (Ambios). “Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão - MG”. São Paulo, 2019.

EPA - Engenharia de Proteção Ambiental. “Relatório final de investigação ambiental complementar (fase 2) – Mariana - MG”. Abril, 2019.

EPISUS. Dois anos pós-desastre da barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2018.

EPISUS. Estudo sobre o Perfil Epidemiológico da População de Barra Longa – MG, Pós-Desastre, 2016. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS. Documento restrito. 2016.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE. “Avaliação dos riscos em saúde da população de Barra longa / MG afetada pelo desastre”. Pesquisa Avaliação de Saúde da População de Barra Longa afetada pelo Desastre de Mariana, Brasil. São Paulo, 2017.

INSTITUTO SAUDE E SUSTENTABILIDADE. “Estudo bibliográfico e dos dados do DATASUS sobre a saúde mental nos municípios afetados pelo rompimento da barragem de fundão em Mariana”, Minas Gerais, p 445, Abril de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. “Diretrizes Para Elaboração De Estudo De Avaliação De Risco À Saúde Humana Por Exposição A Contaminantes Químicos”. 2010.

NEWFIELDS. “Parecer Técnico – Avaliação do ‘Estudo de ARSH em Localidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem do Fundão’”. 2019.

US EPA. “Guiding Principles for Monte Carlo Analysis”. Washington, DC, EUA. Março, 1997.

US EPA. “*Risk Assessment Forum White Paper: Probabilistic Risk Assessment Methods and Case Studies*”. Washington, DC, EUA. Julho, 2014.

US EPA. “*ProUCL Version 5.1 User Guide*”. Washington, DC, EUA. Outubro, 2015.