

---

## NOTA TÉCNICA CT-GRSA nº 23/2019

**Assunto:** Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares – ES.

### 1. Introdução

Esta Nota Técnica tem por objetivo avaliar o “*Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares - ES*”, encaminhado pelo ofício OFI.NII.092018.4114, de 19 de novembro de 2018, além de propor adequações a metodologia aplicada.

Intrinsecamente visa-se consolidar as recomendações tanto da empresa Ramboll, assessoria técnica do Ministério Público Federal, quanto dos técnicos dos órgãos ambientais para adequação da metodologia de avaliação de risco ambiental.

### 2. Histórico e Apoio do MPF / Ramboll

Dentro dos projetos que compõe o Programa de Manejo de Resíduos (PMR) se encontra o Projeto de “*Gerenciamento de Áreas Contaminadas*”, o qual tem por objetivo reduzir os riscos à saúde humana por meio do conhecimento das características do local contaminado e dos impactos causados pelos contaminantes, proporcionando assim auxílio à tomada de decisão quanto as formas de intervenção mais adequadas. A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas é composta de dois processos: o processo de identificação de áreas contaminadas (avaliação preliminar, investigação confirmatória, investigação detalhada, avaliação de risco) e o processo de reabilitação de áreas contaminadas (plano de intervenção, remediação, monitoramento para encerramento).

Neste contexto, foram executados estudos de “*Avaliação de Risco a Saúde Humana*” em áreas piloto em Minas Gerais e Espírito Santo para ajustes da metodologia a ser implantada para toda bacia. No Espírito Santo foi entregue o documento “*RELATÓRIO FINAL DE INVESTIGAÇÃO COMPLEMENTAR E ESTUDO AMBIENTAL DE AVALIAÇÃO DE RISCOS À SAÚDE HUMANA (METODOLOGIA USEPA) - LINHARES – ES*” como entrega final à primeira etapa da avaliação de risco.

O relatório propõe uma mudança metodológica, criando um protocolo específico para a porção

impactada da bacia do rio Doce. Essa nova abordagem, apesar de estar no contexto de áreas contaminadas, foge às metodologias difundidas e apreciadas pelos órgãos no processo de licenciamento.

Nesse contexto os órgãos buscaram junto a Fundação Renova capacitação na nova proposta metodológica, bem como na nova ferramenta que está sendo construída.

Por fim buscou-se apoio dos experts do Ministério Público, por meio do ofício CT-Rejeitos nº 55/2019, de 29 de maio de 2019, entendo que a combinação dos técnicos ambientais, pós-capacitação, e dos experts do Ministério Público resultaria em uma análise robusta do documento apresentado. Sendo o pedido de apoio deferido por meio do ofício nº4106/2019/FORÇA TAREFA BARRAGENS, de 3 de junho de 2019, pelo Senhor Procurador da República José Adércio Leite Sampaio.

### 3. Análise do Estudo

O estudo teve como objetivo avaliar a adequação e propor ajustes à metodologia utilizada para análise de risco à saúde humana pelo contato com os rejeitos oriundos do rompimento da barragem de Fundão, tendo como área piloto aquela denominada como Área da Comunidade Areal, localizada no município de Linhares – ES.

Inicialmente, a empresa responsável pelo estudo declara que:

*“No desenvolver dos estudos, verificou-se que a metodologia escolhida apresentava incompatibilidades entre a modelagem matemática aplicada pelos softwares e as peculiaridades do evento ocorrido em 2015, como, por exemplo, a dimensão da área impactada, o tipo de fonte, os transportes dos potenciais contaminantes, entre outras.*

*Consequentemente, os resultados deste estudo não são aplicáveis, pois foram obtidos por meio de modelagem matemática criada sobre pressupostos hipotéticos não representativos da realidade do local avaliado e sobre cenários conservadores. Assim, a metodologia não pôde ser validada, tampouco os resultados obtidos puderam ser aproveitados em sua completude.[...]*”

Recomendando pôr fim a realização de nova avaliação de risco com base em uma metodologia construída em função das especificidades do desastre da Samarco.

### 3.1. Da caracterização Ambiental

O estudo se inicia por uma caracterização ambiental, perpassando por uma revisão bibliográfica e uma investigação complementar para aquisição dos “gaps” (“lacunas”) de dados e informações. Essa etapa envolveu as seguintes atividades:

- 93 pontos para *screening* por espectrometria de fluorescência de raio-X (FRX), objetivando-se o posicionamento das sondagens;
- 37 sondagens a trado manual;
- Amostragem de solo da área afetada;
- Instalação de 37 poços de monitoramento;
- Amostragem de água subterrânea de 34 poços de monitoramento instalados;
- Amostragem de sedimentos em 14 pontos distribuídos no Rio Doce e nas Lagoas Areal e Pandolfi;
- Amostragem de água superficial em 4 pontos do Rio Doce, 3 pontos da Lagoa Pandolfi e 4 pontos da Lagoa Areal;
- Amostragem de 10 pontos de abastecimento doméstico de água;
- Realização de ensaios de permeabilidade em 10 poços de monitoramento instalados;
- Levantamento topográfico planialtimétrico.

A respeito da técnica de *Screening* (triagem em tradução livre) por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX), essa técnica apresenta uma boa resposta para elementos metálicos, como os principais contaminantes do Desastre da Samarco, sendo uma metodologia rápida, robusta e suficiente para ser aplicada em campo (dependendo do equipamento) e pode ser quali ou quantitativa. Tais características a tornam uma boa técnica para *Screening*, ou em termos práticos para o presente caso, uma busca rápida dos pontos com maiores concentrações de metais (ou elementos traços de interesse), como foi o relatado pelos representantes da Fundação Renova ao apresentar a proposta desta técnica.

A despeito desta técnica, outra característica importante que deve ser ressaltada é que esta mensura os *teores totais* dos elementos, conforme descrito na norma *United States Environmental Protection Agency method 6200 - SW 846*. Em contramão temos as técnicas EPA 3050b e 3051a, que mensuram apenas os “elementos ambientalmente disponíveis”, e são indicadas pela CONAMA 420 para análise em investigações de contaminação.

Apesar de a princípio parecer uma incoerência, a aplicação da técnica de *screening*, como já citado, suas características de rápida aplicabilidade, robustez, podem permitir respostas rápidas sobre a existência ou não de contaminação ou até mesmo (a depender de vários fatores) a extensão da pluma de contaminação.

Pelo já exposto, em especial pela técnica de FRX mensurar os elementos disponíveis e não disponíveis ambientalmente (teor total), essa deve ser utilizada apenas em caráter complementar. A respeito dos resultados obtidos com esta técnica, no item 6.1 (item 6.4, quando corrigida a numeração), foi utilizado para estimativa da representatividade dos pontos de amostragem a metodologia apresentada no Manual de Orientação Técnica para a Implementação do Plano de Contingência da Secretaria do Meio Ambiente no Estado do Havaí nos Estados Unidos (Hawaii HEER TGM, 2015), que utiliza a metodologia estatística de desvio padrão ou média aritmética do UCL 95% para validação do método.

Segundo a metodologia mencionada, para uma boa representatividade da amostragem, o resultado do desvio padrão calculado para o site deve ter uma magnitude de até 35%, ou seja, não deve ter uma amplitude 35 vezes maior do que a média das concentrações pontuais obtidas. A avaliação da representatividade foi feita com os resultados dos elementos Alumínio, Ferro, Manganês e Chumbo. Os resultados demonstraram uma representatividade moderada apenas para Alumínio, sendo para os demais elementos apresentada baixa ou muito baixa representatividade devido a grande variabilidade.

**Solicita-se esclarecimento a respeito da escolha destes elementos para o cálculo da representatividade, tendo em vista que no item 6.3 é relatado que alumínio, ferro, manganês e níquel apresentaram as maiores amplitudes de concentração.**

Retornando a ideia original de utilização da técnica de FRX para triagem de locais de maior concentração de possíveis contaminantes, sob este pressuposto qualquer decisão baseada neste deveria obter uma boa correlação entre os dados de FRX e os dados analíticos (EPA 3050b ou 3051a), assim, era esperado uma análise estatística da correlação destes dois grupos de dados.

**Solicita-se em caráter suplementar, análise estatística da correlação entre os dados obtidos pela técnica de *Screening* de FRX e os dados analíticos obtidos.** Esta solicitação pode ser dispensada caso a Fundação não opte mais pela realização de *Screening* de FRX, devendo ser possível pela nova técnica à análise estatística.

**Acerca das análises de solo, deverá ser apresentada análise conclusiva acerca da**

**representatividade da amostragem realizada, a semelhança do que foi realizado para os resultados de *Screening* de FRX.**

Tendo em vista que as demais recomendações dos técnicos governamentais foram também citadas pelo Parecer da Ramboll, além de recomendações adicionais, **solicita-se o cumprimento de todas as recomendações do “Parecer Técnico – Avaliação de Risco à Saúde Humana na Comunidade do Areal, Espírito Santo” de autoria da Ramboll, assessoria técnica do MPF constante no Anexo II.**

#### **4. Das recomendações do “Parecer Técnico – Avaliação de Risco à Saúde Humana na Comunidade do Areal, Espírito Santo” de autoria da Ramboll, assessoria técnica do MPF**

Como citado anteriormente os representantes do Espírito Santo buscaram o apoio do Ministério Público Federal, sob a figura de seus experts, para uma análise robusta do *“Relatório final de investigação complementar e estudo ambiental de avaliação de riscos à saúde humana (metodologia USEPA) – Linhares – ES”*, tendo em vista seu caráter norteador para todas as demais avaliações de risco a serem realizadas nas áreas afetadas pelo desastre.

Esse apoio foi materializado na forma do *“Parecer Técnico – Avaliação de Risco à Saúde Humana na Comunidade do Areal, Espírito Santo”*, datado de 13 de setembro de 2019. Este parecer contou com a análise de técnicos da Ramboll Brasil, U.S.A. e Espanha.

Todavia, devido a previsões do contrato entre as Mantenedoras (Vale, BHP e Samarco) e o Ministério Público, tal documento passou por um período de *“quarentena”* somente tendo sido disponibilizado na data de 29 de outubro de 2019.

#### **5. Conclusão**

Diante das discussões realizadas nesta Nota Técnica faz-se necessário por parte da Fundação Renova a adequação da ferramenta de avaliação de risco que está sendo construída a todas as recomendações indicadas pelo “Parecer Técnico – Avaliação do Risco à Saúde humana na comunidade do Areal, Espírito Santo” da empresa Ramboll, bem como todas as recomendações que forem aplicáveis a realidade capixaba do “Relatório Técnico nº 09/FEAM/GERAC/2019” da Gerencia de Áreas Contaminadas da Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais.

Em função dos resultados da Avaliação de Risco, a partir da data de aprovação desta nota técnica pela CT-GRSA a Fundação Renova deve:

- Realizar reunião com o órgão de meio ambiente do Espírito Santo em no máximo 15 dias para alinhamento a respeito das recomendações desta nota técnica;
- Apresentar em 30 dias corridos a um Plano de Intervenção para a área piloto capixaba;

Vitória, 11 de novembro de 2019.

**Equipe Técnica responsável pela elaboração desta Nota Técnica:**

- Thales Del Puppo Altoé (IEMA/GTECAD);
- Adelino Da Silva Ribeiro Neto (IEMA/ES);
- Emília Brito (IEMA/ES);
- Paulo Márcio Alves de Oliveira (IEMA/ES).

**Nota Técnica aprovada em 12/11/2019**



**Gilberto Fialho Moreira**  
Coordenação da CT GRSA

**Nota Técnica validada na 39ª Reunião Ordinária da CT-GRSA (Lista de Presença em anexo)**

## **Anexo 1 – Lista de Presença da 39ª Reunião Ordinária da CT-GRSA**

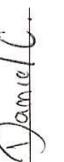
Lista de Presença

**39ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Gestão de Resíduos e Segurança Ambiental**

Data: 12 de novembro de 2019

Horário: 9h 30min

Local: Canopus Office & Coworking - Rua Canopus, 11 - Santa Lúcia, Belo Horizonte/MG

Nº DE ORDEM	NOME	MEMBRO "X"	CONVIDADO "X"	INSTITUIÇÃO	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
2	URSULA FLORES C. CORNELIO		X	PROG/FR	984260001	ursule.cornelio@progen.com.br	
3	LUANA SOUZA LIMA		X	FR.	993131436	luana@fr.com.br	
4	THALES D.P. ALFARO	X		Fema	238836255	thales.alfaro@fema.com.br	
5	MAURICIO SOARES		X	FR.	(31) 98888980	mauricio_souza@fr.com.br	
6	MELINA M. ALBUQUERQUE		X	FR.	339929998	melina.albuquerque@fr.com.br	
7	JOSE MAURICIO P. SILVA		X	COMISSÃO RIO DE JANEIRO	21955564573	josemauricioeng@gmail.com	
8	ANTÔNIO EMILIO DA SILVA	COMISSÃO	X	COMISSÃO DE GESTÃO DE RESÍDUOS	31 971811157	emilio.silva@ctg.com.br	
9	DIANA M. SILVA		X	Associação de Pedagogos		diana@pedagogos.org.br	
10	PATRICIA SUBTENSIS VAL	COMISSÃO	X	Associação de Pedagogos	559167483	patricia@pedagogos.org.br	
11	FRANCISCA P. SOARES		X	Federação de Professores	(31) 9.9838842	francisca@fedprof.org.br	
12	MARCELA CRISTINA SILVA	COMISSÃO	X	Associação de Pedagogos	981991357	marcela@pedagogos.org.br	
13	ELIENE SOARES LIMA	COMISSÃO	X	Associação de Pedagogos	97996520314	eliene@pedagogos.org.br	
14	DANIEL CURSI UBERABETHE		X	Rosa Fortini	(31) 999402555	danielcursi@gmail.com	

Lista de Presença

**39ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Gestão de Resíduos e Segurança Ambiental**

Data: 12 de novembro de 2019

Horário: 9h 30min

Local: Canopus Office & Coworking - Rua Canopus, 11 - Santa Lúcia, Belo Horizonte/MG

Nº DE ORDEM	NOME	MEMBRO "x"	CONVIDADO "x"	INSTITUIÇÃO	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
16	ADELINO DA SILVA RIBEIRO NETO	X		SEMALTES	27-3636-2579	ADELINO_NETO@SEMALTES.GOV.BR	
17	JANIRA SILVA	X		PMU/UMHABRES	27-3372-2567	janamara.silva@linhabres.gov.br	
18	Mariana S. Marcanhães		X	FR	-	mariana.marcanhães@fundec.org.br	
19	Paulo Santos Pereira		X	Colônia Escazib	997414859	colonia.escazib@fundec.org.br	
20	Maria Stalling		X	EY	313232107	maria.stalling@br.ey.com	
21	Ramon Lopes		X	EY	31996646340	ramon.lopes@br.ey.com	
22	PAULO MÁRCIO ALVES OLIVEIRA		X	SEMALTES	27-99746-1988	PAULO.ALVES@IEMA-ES.GOV.BR	
23	Antônio Freitas		X	Goldcc	21497638619	afreitas@goldcc.com.br	
24	Emilia Bato		X	Imma/ATECAD	27-3636-2665	emilia.brte@emra.es.gov.br	
25	Petero Ivo Diogenes		X	FUNDA RENOVA	31984078403	PEDRO.BELO@FUNDAORRENOVA.ORG	
26	Thiago Toussaint		X	SRK	3149393-1112	TTAOUSSAINT@SRK.COM.BR	
27	Mariana Marquesc.Oliveira		X	BHP	31996510402	mariana.oliveira@bhp.com	
28	Juli de O. Pedraza	X		Projeto de Manutenção	31985529525	juli_rubiaccont@yahoo.com.br	

Lista de Presença

**39ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Gestão de Resíduos e Segurança Ambiental**

Data: 12 de novembro de 2019

Horário: 9h 30min

Local: Canopus Office & Coworking - Rua Canopus, 11 - Santa Lúcia, Belo Horizonte/MG

Nº DE ORDEM	NOME	MEMBRO "X"	CONVIDADO "X"	INSTITUIÇÃO	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
29	Alena Luz Torres	X		Prof. Mariana	3539-6924	alena.torres@gnail.com	
30	Carolina Fortes Guimarães	X	X	F. Renova	98446-3143	carolina.guimaraes@renova.org.br	
31	Rafaela Borges F. Nascimento	X		Prof. Mariana	9893-0054	rafaela.borges@renova.org.br	
32	Patrícia Jaccha Y. Fernandes	X		FEAM	39151554	patricia.fernandes@feam.org.br	
33	Jonas Ortiz de C. Nascimento	X	X	Remball DEFESA CIVIL Mariana/MG	98361-0000	jonas.nascimento@remball.com.br	
34	Webster Stopa-Serville	X		FEAM	98449-1155	stopa@webster.com.br	
35	Sandra R. Rê	X	X	FEAM	98454517	sandra.rê@feam.org.br	
36	Valéria Nakagawa	X	X	WORLEY/PA	1929695739	valeria.nakagawa@gnmail.com	
37	DANIEL FERREIARI	X	X	WORLEY/FIL	1298124254	daniel.ferreiri@worley.com	
38	GLEISON XAVIER	X	X	Conselho Ambiental	993331992	gleison@conselho-amb.org.br	
39	Vanessa Scardão Franco	X		SEMAO/SUPRA	33163234	vanessa.franco@semao.org.br	
40	Isabela Aparecida Ferreira	X	X	f. Renova	31995827107	isabela.ferreira@renova.org.br	
41	Clarice Toledo	X	X	F. Renova	31.93455.9212	clarice.toledo@renova.org.br	
42	Mariana Marques C. Oliveira	X	X	BHP	31 99651-0402	mariana.oliveira@bhp.com	

Lista de Presença

**39ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Gestão de Resíduos e Segurança Ambiental**

Data: 12 de novembro de 2019

Horário: 9h 30min

Local: Canopus Office & Coworking - Rua Canopus, 11 - Santa Lúcia, Belo Horizonte/MG

Nº DE ORDEM	NOME	MEMBRO "x"	CONVIDADO "x"	INSTITUIÇÃO	TELEFONE	E-MAIL	ASSINATURA
43	ANTONIO C. BRANT		X	F. RENOVA	999679657	ACBRANT@VEL.com.br	
44	NEWTON DOS SANTOS			F.P.	999364107		
45	VANESSA RODRIGUES		X	Agrotopos	997872912	vanessa.martins@agrotopos.co.br	
46	Carla Cristine dos Santos			Renova	984021547	carla.santosg@fundacaoetnare.org.br	
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							

**Anexo II: Parecer Técnico – Avaliação do Risco à Saúde Humana na Comunidade do Areal,  
Espírito Santo.**

**RAMBOLL**

**ENVIRONMENT  
& HEALTH**

**PARECER TÉCNICO - AVALIAÇÃO DO RISCO À SAÚDE HUMANA NA  
COMUNIDADE DO AREAL, ESPÍRITO SANTO**

**DR. JOSÉ ADÉRCIO LEITE SAMPAIO**  
**PROCURADORIA DA REPUBLICA - MINAS GERAIS**

Ref.: Relatório Final de Investigação Complementar e Estudo Ambiental de Avaliação de Riscos à Saúde Humana (Metodologia USEPA) - Linhares - ES

Prezado Dr. José Adércio Leite Sampaio

Em atendimento ao OFÍCIO nº 4106/2019/FORÇA TAREFA BARRAGENS de análise do relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana em área piloto no Espírito Santo, encaminha-se o presente documento.

Sendo o que se apresenta para o momento, colocamo-nos a disposição.

São Paulo, 13 de Setembro de 2019.

Atenciosamente,



Ricardo Camargo

Ramboll Brasil (São Paulo)



Raísa Salvi

Ramboll Ibéria (Madrid)



Kun Zhao

Ramboll US (Emeryville)



Alyne C. Chirmici

Ramboll Brasil (São Paulo)



Rosalind A. Schoof

Ramboll US (Seattle)



Shuo Yu

Ramboll US (Emeryville)

## **RAMBOLL**

### **1. Introdução**

Este documento, intitulado como Parecer Técnico, elaborado em atendimento ao OFÍCIO nº 4106/2019/FORÇA TAREFA BARRAGENS de análise do relatório de Avaliação de Risco à Saúde Humana em área piloto no Espírito Santo, elaborado pelo Grupo EPA, contratada da Fundação Renova.

A presente análise técnica é restrita a documentos oficiais, documentos fornecidos pela Fundação Renova, documentos de outras fontes e constatações *in loco*.

### **2. Documentos Avaliados**

A seguir, é apresentada uma relação dos documentos analisados para o desenvolvimento deste Parecer Técnico:

- Fundação Renova. Relatório Final de Investigação Complementar e Estudo Ambiental de Avaliação de Riscos à Saúde Humana (Metodologia USEPA) – Linhares – ES. Novembro de 2018.
- Fundação Renova. OFI. NII.022018.2310. Encaminhamento 24.2 da CT Rejeitos – Estudo hidrogeológico contemplado no escopo do Estudo de Análise de Risco à Saúde Humana. Setembro de 2018.
- Fundação Renova. Termo de Referência - Avaliação de Riscos à Saúde Humana. Área de Abrangência: Minas Gerais e Espírito Santo. R004-16-0340-COM-D01. Março de 2017.
- Fundação Renova. Plano de Trabalho para Eliminação de "Gaps" de Informações. Áreas de Abrangência: Minas Gerais e Espírito Santo. PT03-16-0340-COM-D001. Março de 2017.
- Fundação Renova. Ofício SEQ1969/2017/GJU. Ref.: Termo de Referência para Análise de Risco à Saúde Humana. Março de 2017.

### **3. Histórico**

A Ramboll Brasil Engenharia e Consultoria Ambiental Ltda. (Ramboll) foi solicitada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), através de requerimento enviado ao Ministério Público Federal (MPF) para avaliar o documento "Relatório Final de Investigação Complementar e Estudo Ambiental de Avaliação de Riscos à Saúde Humana (Metodologia USEPA) – Linhares – ES", emitido pela Fundação Renova em Novembro de 2018, doravante referido como HHRA. O documento refere-se à avaliação realizada em uma área piloto, denominada Comunidade do Areal, no município de Linhares, Espírito Santo.

No contexto do Programa de Manejo de Rejeitos, o programa PG023 da Fundação Renova, a Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental solicitou a realização de uma avaliação de risco à saúde humana. Os requisitos para a análise foram estabelecidos no documento "Termo de Referência de Análise de Risco à Saúde Humana", emitido pela Fundação Renova e pela subcontratada Grupo EPA em Março de 2017.

### **4. Análise**

Este Parecer Técnico avaliou a caracterização/avaliação ambiental e a HHRA, bem como a adequação das ferramentas e softwares utilizados na Avaliação de Risco. O documento em análise é um estudo



RAMBOLL

piloto de uma área na Bacia do Rio Doce potencialmente afetada após o rompimento da barragem de Fundão, denominada Comunidade do Areal, localizada em Linhares - ES. O objetivo deste Parecer Técnico é fornecer comentários sobre esta HHRA e recomendações para futuras Avaliações de Risco à Saúde Humana em outras áreas/comunidades potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem. A abordagem usada para caracterização ambiental e para a HHRA, de forma geral, segue os procedimentos e metodologias recomendados pela USEPA. No entanto, alguns dos aspectos técnicos da abordagem de Avaliação de Risco e as metodologias de análise de dados detalhadas no estudo não são consistentes com as metodologias recomendadas pela USEPA, principalmente devido às limitações das três ferramentas de cálculo do risco que esta HHRA avaliou. As considerações sobre cada um desses aspectos são discutidas em detalhe nas seções seguintes.

#### 4.1. Caracterização e Diagnóstico Ambiental

O estudo inicia com uma avaliação dos dados disponíveis e coleta de dados adicionais para preencher as lacunas de informações identificadas. Amostras de solo e sedimentos foram coletadas na área de estudo, além de amostras de águas superficiais (do Rio Doce, Lagoa Pandolfi e Lagoa de Areal) e de poços de monitoramento de água subterrânea. O abastecimento doméstico de água a partir de poços particulares também foi avaliado. Nenhum dado é relatado para vias alimentares, incluindo peixe, gado, frutas e vegetais no relatório de Avaliação de Risco. É de nosso entendimento que a amostragem de biota será realizada e os dados serão utilizados na avaliação das vias de consumo de alimentos na futura atualização desta HHRA, bem como nas futuras Avaliações de Risco à Saúde Humana para outras áreas/comunidades. Será importante incluir também amostras comparáveis de áreas que não foram afetadas pelo rompimento da barragem (pontos de *background* ou *baseline*) para determinar se as concentrações na biota em áreas diretamente afetadas pelo rompimento da barragem estão elevadas em comparação com os dados de *background*. Essa avaliação das áreas de maior impacto pode permitir a determinação da necessidade de amostragem de biota para todas as áreas/comunidades ou se certos tipos de biota não têm concentrações elevadas e não precisam de amostragem contínua.

As amostras de água subterrânea dos poços de monitoramento instalados na área piloto foram coletadas em uma única campanha de amostragem realizada na estação chuvosa (Fevereiro de 2018). Assim, as flutuações das concentrações de substâncias químicas de interesse durante as estações chuvosa e seca não foram avaliadas. Conforme recomendado na Avaliação de Risco, o monitoramento semestral das águas subterrâneas e das águas superficiais é necessário para caracterizar as flutuações sazonais nas concentrações químicas.

O documento avalia riscos crônicos à saúde (a longo prazo) devido às exposições à substâncias químicas de interesse identificadas na Avaliação de Risco, conforme discutido a seguir na Seção 4.2 do presente Parecer. As flutuações temporais das substâncias químicas no ambiente e se os dados coletados e utilizados na HHRA são representativos de exposições crônicas são tópicos que não foram discutidos no relatório avaliado e devem ser incluídos na análise.



RAMBOLL

## 4.2. Avaliação de Risco à Saúde Humana

### *Modelo Conceitual*

O relatório discute os compartimentos ambientais potencialmente impactados, as populações expostas e as vias de exposição. No entanto, um diagrama completo do modelo conceitual da área (*Conceptual Site Model - CSM*) não foi desenvolvido. Recomenda-se a elaboração de um CSM completo que inclua as fontes de contaminação, mecanismos de liberação e transporte, meios de exposição, populações expostas e vias de exposição que devem ser desenvolvidas e discutidas na HHRA.

### *Identificação de Substâncias Químicas de Interesse*

Conforme discutido na Seção 18.4.2 do relatório apresentado pela Fundação Renova, as Substâncias Químicas de Interesse foram selecionadas para incluir os compostos intrínsecos presentes nos rejeitos liberados da barragem (como, por exemplo, alumínio, ferro e manganês) e aquelas com concentrações acima dos limites regulatórios (valores de intervenção - VI). Considera-se que esta abordagem geral é adequada.

Recomenda-se que a Avaliação de Risco deixe claro no início desta seção se o estudo avaliou apenas as substâncias químicas originárias do Complexo de Germano da Samarco/Barragem de Fundão ou se todas as substâncias químicas foram consideradas. Além das substâncias químicas originárias da barragem, se recomenda também considerar possíveis riscos à saúde humana de quaisquer substâncias químicas cuja mobilidade possa ter sido afetada pelo rompimento da barragem (por exemplo, Amônia proveniente do uso de fertilizantes e pesticidas em culturas agrícolas).

Para as vias de exposição à água subterrânea, apenas os dados coletados dos poços de monitoramento foram considerados na identificação de substâncias químicas de interesse. Não está claro se os dados dos poços de monitoramento são representativos das substâncias químicas e das concentrações presentes nos poços particulares de abastecimento de água. Como foi realizada a análise de água dos poços particulares existentes na Comunidade como fonte para usos domésticos (por exemplo, água para consumo, preparação de alimentos e higiene pessoal), os dados de abastecimento de água coletados nos poços particulares também devem ser incluídos no cálculo do risco, ao invés da realização de uma análise *Tier 1*, comparando-se os resultados obtidos com os limites legislados na Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde. A importância de considerar dados de poços particulares é ilustrada nesta HHRA porque, se forem incluídos dados de poços particulares, Amônia e Zinco podem ser identificados como substâncias químicas de interesse adicionais. Cabe destacar que a Fundação Renova realizou o fornecimento de água mineral para a Comunidade, contudo, não foram identificadas evidências se esse abastecimento foi mantido.

No estudo, apenas os dados para a fração dissolvida de metais foram considerados na identificação de substâncias químicas de interesse. A fração total de metais deve ser usada na avaliação das vias de ingestão de águas subterrâneas/águas superficiais sempre que a água não for filtrada antes da ingestão humana. Para vias de contato dérmico com águas subterrâneas e superficiais, a fração dissolvida de metais deve ser usada.

Para dados de solo, a profundidade da amostra deve ser considerada ao realizar a triagem dos dados para vias de exposição específicas. Por exemplo, dados de amostras de solo coletadas em profundidades maiores que a profundidade da escavação na área de estudo não devem ser avaliados na identificação de substâncias químicas de interesse para as vias de contato direto com o solo. As amostras de solo em

## RAMBOLL

profundidades maiores devem ser consideradas apenas para a avaliação da via de lixiviação do solo até a água subterrânea. Apesar disso, o uso dessa abordagem não afetaria as substâncias químicas de interesse selecionadas para esta HHRA, uma vez que nenhuma substância química de interesse foi identificada no solo, mesmo quando dados de solo até 10 metros foram considerados para todas as vias de exposição.

A especificação de metais deve ser considerada ao comparar os dados da área com os limites regulatórios (ou seja, valores de intervenção - VI). Por exemplo, apenas o Cromo Total e o Cromo Trivalente foram avaliados na etapa de triagem; no entanto, a forma mais tóxica do Cromo, o Cromo Hexavalente, não foi avaliada. Uma discussão sobre o potencial do Cromo Hexavalente estar presente nos rejeitos liberados da barragem deveria ser incluída. Os dados do Cromo Hexavalente devem ser comparados com o limite regulatório do Cromo Hexavalente, quando disponível. Para o Mercúrio, devem ser especificadas suposições sobre as formas de Mercúrio presentes em diferentes meios de exposição, mesmo que apenas o Mercúrio Total seja monitorado. É razoável considerar todo o Mercúrio como sais inorgânicos de Mercúrio na água, no solo e nos sedimentos (a menos que hajam evidências indicando que uma metilação extensa esteja ocorrendo na área de estudo). Todo o Mercúrio no tecido de peixes deveria ser considerado como Metil mercúrio.

Para os metais que não apresentam valores de referência (valores de intervenção), os valores de *screening* de outros países devem ser considerados antes de desconsiderar esses metais de outras avaliações. Por exemplo, os RSLs da USEPA para compostos de Vanádio estão disponíveis para comparação.

### *Avaliação da Exposição*

De acordo com a Seção 18.4.5 (Vias de Ingresso) do documento "Relatório Final de Investigação Complementar e Estudo Ambiental de Avaliação de Risco à Saúde Humana (Metodologia USEPA) – Linhares – ES" (página 251):

*"As vias de ingresso pelas quais as substâncias químicas de interesse (SQI) podem ingressar no organismo dos receptores potencialmente expostos são as seguintes:*

- *Ingestão de água subterrânea contaminada;*
- *Contato dérmico com a água subterrânea contaminada;*
- *Inalação de vapores a partir da água subterrânea em ambientes abertos e fechados (outdoor e indoor);*

*(...)"*

Como discutido acima, as vias de exposição à água subterrânea devem ser avaliadas não apenas para os poços de monitoramento, mas também a partir dos resultados obtidos do monitoramento dos poços privados. Isso ocorre porque não está claro se os dados dos poços de monitoramento são representativos das substâncias químicas e das concentrações presentes nos poços privados de abastecimento de água e os poços privados constituem uma potencial fonte de água para as atividades domésticas, como ingestão de água, preparação de alimentos e higiene pessoal na Comunidade do Areal.

Conforme apresentado nas Tabelas 43 e 44 do referido documento (páginas 254 e 255), as substâncias químicas de interesse selecionadas para o estudo são compostos metálicos e, portanto, não apresentam volatilidade, com exceção do Mercúrio, que é volátil. Sendo assim, a **inalação de vapores**

## RAMBOLL

a partir da água subterrânea em ambientes abertos e fechados não necessitaria ser avaliada, já que o risco para esta via de ingresso é nulo. A única exceção é que, ao incluir na etapa de triagem os dados de água de abastecimento coletados de poços privados, a Amônia seria identificada como uma substância química de interesse e a inalação de vapores de Amônia a partir da água de abastecimento de poços privados necessitaria de uma avaliação mais aprofundada.

Na área de estudo predomina o uso agrícola, e várias vias de ingestão de alimentos devem ser consideradas na Avaliação de Risco. Somente a ingestão de vegetais/frutas e peixes foi incluída na **Tabela 45**, e apenas os parâmetros de exposição para ingestão de vegetais foram apresentados na **Tabela 54**. Nenhum resultado de risco para as vias de ingestão de alimentos foi apresentado ou discutido no relatório. Nossas recomendações sobre a avaliação das vias alimentares são as seguintes:

- Na **Tabela 45**, a ingestão de vegetais e frutas irrigadas com água subterrânea contaminada foi incluída para residentes rurais e residentes temporários (turistas). No entanto, se as águas superficiais do Rio Doce e/ou das Lagoas de Areal e Pandolfi também forem utilizadas para irrigação, os dados das águas superficiais também devem ser avaliados para essa via de exposição. Além disso, na área de estudo predomina o uso agrícola e, portanto, deve-se considerar o consumo a partir de culturas/plantações além de produtos cultivados na propriedade.
- A ingestão de produtos de bovinos de corte que consomem água subterrânea ou superficial contaminada deve ser avaliada e adicionada à **Tabela 45** para residentes rurais e residentes temporários (turistas).
- Para vias alimentares (por exemplo, ingestão de produtos de plantações locais, vegetais, carne bovina e peixe), os dados do tecido da biota, medidos a partir de amostragem no campo ou previstos usando modelos de bioacumulação, devem ser usados como parâmetros de entrada no cálculo dos riscos. As incertezas dos modelos de bioacumulação ao se aplicar às condições específicas do local devem ser avaliadas.

Na **Tabela 45**, deve-se incluir o contato dérmico com as águas superficiais e os sedimentos do Rio Doce, Lagoa do Areal e Lagoa Pandolfi durante as atividades de monitoramento e restauração realizadas por trabalhadores de obras civis.

Trabalhadores em atividades de mineração, indústria de petróleo e gás e estudantes de escolas também são receptores em potencial porque podem ser expostos a substâncias químicas de interesse na água subterrânea por meio da ingestão de água e higiene pessoal.

No estudo, os parâmetros de exposição nos softwares RISC 5 e RBCA foram homogêneos considerando os valores padrão apresentados na planilha de avaliação de risco desenvolvida pela CETESB. As premissas de exposição padrão na planilha da CETESB estão disponíveis apenas para residentes rurais, trabalhadores industriais/comerciais e trabalhadores em obras civis, bem como vias de exposição limitadas (ou seja, nenhum valor padrão para as vias de ingestão de alimentos). As premissas de exposição devem ser compiladas a partir de estudos epidemiológicos específicos do local ou de fontes adicionais (por exemplo, Manual de fatores de exposição - *Exposure Factors Handbook* da USEPA) para outros receptores e outras vias de exposição não disponíveis nas planilhas de avaliação de risco da CETESB.

## RAMBOLL

### Toxicologia

De acordo com o *Disclaimer* do documento "Relatório Final de Investigação Complementar e Estudo Ambiental de Avaliação de Risco à Saúde Humana (Metodologia USEPA) – Linhares – ES" (página 19):

"(...) Tendo como base o software de risco da CETESB, o qual é nacional e gratuito, utilizou-se dados toxicológicos e populacionais desse software como balizador para os demais softwares de risco (RBCA e RISC) utilizados nesse trabalho, conforme acordado com os órgãos ambientais competentes."

A análise da toxicidade dos compostos químicos de interesse é de extrema importância em uma Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana. Várias agências reguladoras, tanto no Brasil quanto no exterior, analisam a toxicidade de componentes químicos presentes no meio ambiente e desenvolvem critérios para exposição aceitável de acordo com seus pontos de saturação carcinogênicos e não-carcinogênicos. O desenvolvimento de critérios toxicológicos evolui constantemente, com base em novos dados e em uma melhor compreensão dos meios de ação tóxica dos referidos compostos. Portanto, deve-se assegurar que os critérios de toxicidade mais **atuais e cientificamente defensáveis** são utilizados em qualquer avaliação de risco. Para tanto, recomenda-se o uso de parâmetros toxicológicos publicados nas seguintes bases de dados, conforme a hierarquia definida e apresentada na Diretiva 9285.7-53 (*Human Health Toxicity Values in Superfund Risk Assessments*), publicada em 2003 pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA OSWER):

1. IRIS (Sistema Integrado de Informações de Risco) - banco de dados eletrônico contendo informações sobre riscos à saúde e regulamentos da USEPA sobre produtos químicos específicos;
2. USEPA: *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values (PPRTVs)* da USEPA; e
3. Outros valores de toxicidade: outras bases de informações atuais, transparentes e acessíveis ao público, tais como:
  - o Valores de Referência de Exposição Crônica (RELS) e de Potencial de Câncer publicados pela Agência de Proteção Ambiental da Califórnia (OEHHA);
  - o Valores de Níveis de Risco Mínimo (MRLs) publicados pela Agência para o Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças (ATSDR, *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*);
  - o Parâmetros toxicológicos da HEAST publicada pela USEPA (Base de Dados de Avaliações de Efeitos à Saúde, *Health Effects Assessment Summary Tables*).

Além dos dados de toxicidade da USEPA, os valores de toxicidade recomendados por outras agências internacionais (por exemplo, Comissão Europeia, Instituto Nacional de Saúde Pública e Proteção Ambiental da Holanda, Organização Mundial da Saúde, Programa Internacional de Segurança Química, Health Canada e Conselho Nacional de Proteção Ambiental da Austrália etc.) também podem ser considerados.

Conforme se nota, na HHRA de Linhares foi utilizada como base os dados toxicológicos da Planilha da CETESB (Versão 2013). Apesar da Planilha da CETESB utilizar os parâmetros toxicológicos publicados pela USEPA, é importante reiterar que a ferramenta da CETESB data do ano de 2013 e, portanto, pode não conter os parâmetros toxicológicos mais atuais. Sendo assim, deve-se comparar os valores toxicológicos usados na planilha da CETESB com a base de dados apresentada anteriormente, de

## RAMBOLL

maneira a assegurar a utilização dos dados que refletem os estudos científicos mais atuais, e alterá-los nas ferramentas RBCA e RISC conforme apropriado.

Especificamente referente ao Chumbo, este composto é singular em relação ao seu comportamento toxicológico, e existem evidências científicas que efeitos adversos podem ocorrer a partir da exposição a concentrações muito baixas deste metal. Sendo assim, a USEPA recomenda que o cálculo de risco seja realizado a partir da estimativa da concentração de chumbo no sangue humano em detrimento do cálculo clássico através da utilização da dose de referência. Tal estimativa pode ser realizada a partir de alguns modelos desenvolvidos pela USEPA, tais como o IEUBK (*Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children*) para crianças e ALM (*Adult Lead Methodology*) para adultos. Sendo assim, em vez do cálculo clássico de risco através da comparação entre a concentração no ponto de exposição e a dose de referência do chumbo, tal como foi efetuado na HHRA para a Comunidade do Areal, recomenda-se a realização da estimativa da concentração do referido composto no sangue humano, seguindo as diretrizes da USEPA. Também é útil incorporar os dados de linha de base do Chumbo nas amostras de sangue da população da região para avaliar as exposições ao Chumbo, se disponíveis. Além disso, estudos de biodisponibilidade do Chumbo específicos da região, utilizando o método de teste de biodisponibilidade *in vitro*, conforme recomendado pela USEPA (2007)<sup>1</sup>, também podem ser considerados para refinar a modelagem de Chumbo no sangue.

### Caracterização do Risco

No estudo avaliado, os resultados de risco não foram calculados para todos os tipos de receptores ou vias de exposição identificadas na avaliação da exposição. Isso se deve principalmente às limitações das três ferramentas (CETESB, RBCA e RISC) avaliadas na HHRA. O desenvolvimento de uma ferramenta mais amigável é necessário para adaptar os cálculos de risco para vários receptores e vias de exposição com base nas condições e premissas específicas da região.

Além disso, devido às limitações das três ferramentas de cálculo do risco disponíveis, as concentrações máximas aceitáveis (CMAs) e os níveis alvo específicos do local (SSTL) foram calculados apenas para as vias de exposição à água subterrânea, separadamente para ingestão e contato dérmico. O desenvolvimento de uma ferramenta mais amigável é necessário para calcular CMAs e SSTLs para cada substância química de interesse em cada compartimento ambiental, levando em consideração condições e suposições específicas da região, bem como efeitos cumulativos entre as vias de exposição.

Os dados ambientais foram coletados tanto de locais diretamente afetados pelo rompimento da barragem quanto de locais não diretamente afetados pelo rompimento da barragem (pontos de *background* ou *baseline*). Adicionalmente à avaliação dos dados já realizada no estudo, recomenda-se que os riscos da linha de base sejam identificados e comparados aos riscos associados aos dados do rompimento da barragem de Fundão.

## 5. Conclusão

Concorda-se com a abordagem geral usada na caracterização/avaliação ambiental e na HHRA, conforme descrito no relatório avaliado. No entanto, alguns dos aspectos técnicos detalhados para a abordagem

<sup>1</sup> USEPA. 2007. Estimation of relative bioavailability of lead in soil and soil-like materials using in vivo and in vitro methods. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC. Maio.

## RAMBOLL

de Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e das metodologias de análise de dados não são consistentes com as metodologias recomendadas pela USEPA, principalmente devido às limitações das três ferramentas de cálculo do risco que o estudo considerou. As recomendações do documento analisado incluem a revisão da abordagem utilizada para análise do risco, tendo em vista a "incapacidade" das ferramentas utilizadas (RBCA *tool kit*, RISC e Planilhas da CETESB) em realizar a modelagem "de forma satisfatória". Conforme se pode notar do estudo, nenhuma das ferramentas disponíveis suporta cálculos de risco para todos os potenciais receptores e vias de exposição identificados no modelo conceitual do local. Então, idealmente, seria preferível ter uma nova ferramenta que suporte o cálculo de riscos para todos os receptores e todas as vias. No entanto, os benefícios de ter uma nova ferramenta devem ser comparados com os custos e o tempo para o desenvolvimento de uma ferramenta e para treinar os avaliadores de risco a usá-la. Qualquer ferramenta selecionada deve estar disponível para a maioria dos avaliadores de risco, de várias partes interessadas, para acesso e uso.

O estudo avaliado apresenta algumas limitações em termos de uso, como exemplo, para testar as ferramentas de cálculo de risco disponíveis. Por exemplo, as vias de exposição relacionadas ao solo não foram avaliadas nesta HHRA, tendo em vista que nenhuma substância química de interesse foi identificada no solo para esta área de estudo. No entanto, é provável que compostos químicos de interesse no solo sejam identificados em outras áreas de estudo. Quando o solo é incluído como uma via de exposição, é possível que as vias de exposição secundárias para alimentos terrestres precisem ser quantificadas, de modo que as ferramentas de risco deveriam incluir a avaliação dessas vias.

Cabe ressaltar que a preocupação com a adequação das ferramentas de avaliação de risco e a capacitação dos órgãos ambientais na nova ferramenta, especialmente em vista da mudança de metodologia, já havia sido abordada pelo IEMA e registrada na Ata da 31ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Gestão dos Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA).