



PROJETO DE GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA
PARA SAÚDE E MEIO AMBIENTE (GAISMA)

Dezembro/2019



FUNDAÇÃO
renova

Sumário

1	Introdução	7
2	Referencial Teórico	10
2.1	Referências Técnicas e Normativas.....	10
2.2	Engajamento das Partes Interessadas	11
3	GAISMA	13
3.1	Fase I – Modelo Conceitual e Segmentação das áreas alvo	16
3.2	Fase II – Investigação GeoAmbiental, Validação de Dados e Seleção de Substâncias Químicas de Interesse	44
3.3	Fase III – Avaliação de Risco.....	55
3.4	Fase IV- Plano de Gestão Ambiental Integrada	81
	Referências	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1: Fluxograma Geral - GAISMA.	14
Figura 3.1-1: Fluxograma - FASE I - GAISMA.	17
Figura 3.1-2: Modelo Conceitual Geral - GAISMA.	19
Figura 3.1-3: Ferramenta para elaboração do Modelo Conceitual Ambiental Específico - GAISMA.....	29
Figura 3.2-1: Fluxograma - FASE II - GAISMA.	46
Figura 3.2-2: Parâmetros patamar, amplitude e efeito pepita na adequação de um modelo a um variograma. Fonte: Correia (2010)	49
Figura 3.2-3: Elipse de um caso anisotrópico. Fonte: Correia (2010).	50
Figura 3.3-1: Fluxograma – ARSH - FASE III - GAISMA.	57
Figura 3.3-2: Fluxograma - ARE - FASE III – GAISMA. Fonte: Adaptado de USEPA (1998).	74
Figura 3.4-1: Fluxograma - FASE IV - GAISMA.	82
Figura 3.4-2: Interrelação de elementos para caracterizar risco potencial	84

ANEXOS

Apêndice 1: Guia para condução de reuniões gerais.

GLOSSÁRIO

Caminho de Exposição: percurso desenvolvido, ou que possa ser desenvolvido, por uma substância química de interesse (SQI) desde a fonte de contaminação até o receptor;

Concentração Máxima Aceitável (CMA): concentração da substância química de interesse acima da qual há necessidade de implementação de medidas de intervenção;

Concentrações basais/de Background: concentrações de origem natural do meio;

Evento: o rompimento da barragem de Fundão, pertencente à SAMARCO, localizada no complexo minerário de Germano, em Mariana-MG, ocorrido em 5 de novembro de 2015. (TTAC, 2016);

Foco de Contaminação (Hot spot): porção de uma área contaminada onde são detectadas as maiores concentrações das substâncias químicas de interesse;

Fonte Difusa: várias pequenas fontes de contaminação se espalham por áreas que podem alcançar de alguns m² até dezenas de km²;

Fonte Potencial de Contaminação: instalação, equipamento ou material a partir do qual as substâncias químicas de interesse podem ser liberadas para um ou mais compartimentos do meio físico;

Fonte Primária de Contaminação: instalação, equipamento ou material a partir dos quais as substâncias químicas de interesse se originam e estão sendo, ou foram liberadas para um ou mais compartimentos do meio físico;

Fonte Secundária de Contaminação: meio atingido por substâncias químicas de interesse provenientes da Fonte Primária de Contaminação, capaz de armazenar certa massa dessas substâncias e atuar como fonte de contaminação de outros compartimentos do meio físico;

Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC): procedimento que visa reduzir, para níveis aceitáveis, os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente em decorrência de exposição às substâncias provenientes de áreas contaminadas, por meio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos riscos e danos decorrentes da contaminação, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas.

Gestão Ambiental Integrada de Saúde e Meio Ambiente (GAISMA): estratégia de gerenciamento constituída por etapas sequenciais, que visa reabilitar

as áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, baseando-se nos resultados de avaliações de risco à saúde humana e ecológica;

Lama de Rejeitos: Mistura composta pelo rejeito de minério de ferro associado ao rompimento da Barragem de Fundão, sedimentos dos rios impactados e solo impactado pela passagem do rejeito após o rompimento.

Limite de Quantificação (LQ): a menor quantidade do analito em uma amostra que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis pelo laboratório/método.

Mapa de Risco: representação espacial das áreas onde os riscos identificados na Avaliação de Risco ultrapassaram os níveis considerados aceitáveis e/ou os padrões legais aplicáveis;

Meta de Remediação: Concentração Máxima Aceitável da substância química de interesse que deve ser atingida nos compartimentos do meio físico, por meio da execução de medida de remediação;

Modelo Conceitual: relato escrito, acompanhado de representação gráfica, dos processos associados ao transporte das substâncias químicas de interesse na área investigada, desde as fontes potenciais, primárias e secundárias de contaminação, até os potenciais ou efetivos receptores, contendo a identificação das substâncias químicas de interesse, das fontes de contaminação, dos mecanismos de liberação das substâncias, dos meios pelos quais as substâncias serão transportadas, dos receptores e das vias de ingresso das substâncias nos receptores;

Monitoramento ambiental: medição contínua ou periódica da qualidade ou características de um compartimento do meio físico.

Medidas de intervenção: conjunto de ações a serem adotadas visando a reabilitação de uma área para o uso declarado, a saber: medidas emergenciais, de remediação, de controle institucional e de controle de engenharia

Programas: são os PROGRAMAS SOCIOAMBIENTAIS e os PROGRAMAS SOCIOECONÔMICOS quando referidos em conjunto definidos pelo TTAC.

Padrões Legais Aplicáveis: conjunto de valores orientadores definidos pela legislação vigente;

Partes Interessadas (Stakeholders): pessoas e organizações que podem ser afetadas, de forma direta ou indireta, positiva ou negativamente, pelo projeto.

Ponto de Exposição (PDE): local onde ocorre ou poderá ocorrer a exposição de um dado receptor às substâncias químicas de interesse provenientes de uma fonte de contaminação;

Ponto de exposição (PDE): ponto no qual um indivíduo ou população pode entrar em contato com a SQI originária de uma área fonte

Receptor: indivíduo ou grupo de indivíduos, humanos ou não, expostos, ou que possam estar expostos, a uma ou mais substâncias químicas associadas a uma área contaminada;

Região de Exposição Direta (RED): região definida pelo limite físico da ocorrência da lama de rejeitos associadas ao rompimento da barragem de Fundão que foram distribuídas no leito dos cursos d'águas superficiais;

Região de Exposição Indireta (REI): região adjacente às áreas de deposição de lama de rejeitos, que podem ser influenciadas indiretamente por esta, devido à mecanismos de transporte físicos e químicos;

Região de Não Exposição (RNE): região que não possui influência direta ou indireta da deposição da lama de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão;

Responsável Técnico: pessoa física ou jurídica, designada pelo Responsável Legal para planejar e executar as etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas e estudos relacionados;

Risco à saúde: probabilidade de ocorrência de câncer em um determinado receptor exposto a contaminantes presentes em uma área contaminada ou a possibilidade de ocorrência de outros efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição a substâncias não carcinogênicas

Risco carcinogênico: probabilidade teórica de ocorrência adicional de câncer em função de um evento de exposição associado a uma contaminação ambiental, considerando a SQI e o caminho de exposição avaliado.

Risco ecológico: possibilidade de ocorrência de efeitos adversos aos organismos presentes nos ecossistemas

Risco não carcinogênico: quociente que expressa a potencial ocorrência teórica de efeitos adversos à saúde não carcinogênicos, considerando a SQI e o caminho de exposição.

Risco: compreende o risco à saúde e o risco ecológico

Situação anterior: situação socioambiental e socioeconômica imediatamente anterior a 05/11/2015

Solo subsuperficial: fração de solo situada abaixo de 0,1 metro

Solo superficial: fração de solo compreendida desde a superfície do terreno até 0,1 metro de profundidade.

Solo: todo material situado abaixo da superfície do terreno, incluindo o solo, conforme definido pedologicamente, e as rochas.

Substâncias Químicas de Interesse (SQI): Substâncias químicas detectadas no meio, que estão relacionada às fontes primárias e/ou secundárias ou aquelas de interesse para o estudo;

Valores de Intervenção (VI): limites de concentrações de determinadas substâncias no meio, que determina a existência de riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico, indicando a necessidade de ações para resguardar a saúde dos receptores.

Valores Orientadores (VO): concentrações de substâncias químicas derivadas por meio de critérios numéricos e dados existentes na literatura científica, para subsidiar ações de prevenção e controle da poluição, visando à proteção da qualidade dos solos e das águas subterrâneas e o gerenciamento de áreas contaminadas;

Via de Ingresso: mecanismo pelo qual uma substância química de interesse (SQI) adentra o organismo do receptor.

1 INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem de Fundão, de propriedade da Samarco Mineração, ocorrido em novembro de 2015, causou a liberação de aproximadamente 44 Mm³ de rejeitos de minério de ferro para o sistema fluvial a jusante, impactando cursos d'água da bacia do rio Doce numa extensão total de 670 km. A montante da Usina Hidroelétrica Risoleta Neves (Candongá), ocorreu deposição do rejeito liberado nas calhas dos rios e em planícies de inundação. A jusante da referida UHE, o impacto do rompimento ocorreu na calha do Rio Doce, observando-se pouca deposição de rejeitos nas margens até a região estuária e costeira, próxima a foz do Rio Doce.

Em março de 2016, foi assinado o Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), cujo objetivo final é recuperar o meio ambiente e as condições socioeconômicas da área impactada pelo rompimento da barragem, bem como adotar medidas de mitigação, compensação e indenização necessárias:

CLÁUSULA 02: O presente ACORDO tem por objeto a previsão de PROGRAMAS, a serem elaborados, desenvolvidos e implementados por meio da FUNDAÇÃO, com o objetivo de recuperar o meio ambiente e as condições socioeconômicas da ÁREA DE ABRANGÊNCIA impactada pelo EVENTO observada a SITUAÇÃO ANTERIOR, além da adoção das medidas de mitigação, compensação e indenização necessárias e previstas nos PROGRAMAS, cujo cumprimento e execução serão fiscalizados e acompanhados pelos COMPROMITENTES, conforme governança, financiamento, estudos cientificamente fundamentados, se for o caso, e demais previsões contidas no presente ACORDO.

Em seu Capítulo Segundo – Programas Socioeconômicos, Subseção IV.1, o TTAC trata do Programa de Apoio à Saúde Física e Mental da População Impactada, sobre o qual cabe destacar as seguintes cláusulas:

CLÁUSULA 108: O programa deverá prever medidas e ações necessárias à mitigação dos danos causados à saúde da população diretamente atingida pelo EVENTO.

CLÁUSULA 111: Caberá à FUNDAÇÃO desenvolver um Estudo Epidemiológico e Toxicológico para identificar o perfil epidemiológico e sanitário retrospectivo, atual e prospectivo dos moradores de Mariana até a foz do Rio Doce, de forma a avaliar riscos e correlações decorrentes do EVENTO.

(...)

PARÁGRAFO SEGUNDO: Tendo sido identificados impactos do EVENTO à saúde, o estudo indicará as ações mitigatórias necessárias para garantir a saúde dos IMPACTADOS, a serem executadas pela FUNDAÇÃO.

Em seu Capítulo Terceiro – Programas Socioambientais, Subseção I.1, o TTAC trata do Programa de manejo dos rejeitos, sobre o qual cabe destacar as seguintes cláusulas:

CLÁUSULA 150: Caberá à FUNDAÇÃO realizar estudos de identificação e de avaliação detalhada da ÁREA AMBIENTAL 1, considerando a SITUAÇÃO ANTERIOR e os efeitos derivados do EVENTO.

PARÁGRAFO PRIMEIRO: A avaliação das alterações e caracterizações deverá incluir a avaliação biogeoquímica, hidrodinâmica e hidrosedimentológica.

CLÁUSULA 151: Caberá à FUNDAÇÃO realizar o manejo de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, conforme resultados decorrentes dos estudos previstos neste programa, bem como considerando os fatores ambientais, sociais e econômicos da região.

PARÁGRAFO ÚNICO: Inclui-se no manejo de rejeitos referido no caput a elaboração de projeto e as ações de recuperação das áreas fluviais, estuarinas e costeira, escavação, dragagem, transporte e disposição final adequada e/ou tratamento in situ.

Ainda que o TTAC não mencione especificamente a realização de estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH), esta demanda surgiu como consequência de notas técnicas e deliberações do Sistema do Conselho Interfederativo (CIF).

Em agosto de 2017, a Câmara Técnica de Saúde emitiu a Nota Técnica SUBVPS/SES-MG Nº 11/2017 que determina, dentre outras coisas, a realização de Estudo de Avaliação de Risco à Saúde Humana. A Nota Técnica determina que o estudo seja elaborado utilizando a metodologia do Ministério da Saúde, apresentada no documento "Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos" (Diretrizes do MS). Conforme a nota técnica supracitada, "O estudo de avaliação de risco à saúde humana terá como objetivo a definição dos contaminantes de interesse, rotas de exposição e populações expostas e potencialmente expostas aos compostos químicos decorrentes do EVENTO".

No âmbito do programa de manejo de rejeitos, o Plano de Manejo de Rejeito apresentado pela Fundação Renova em abril de 2017 (CH2M, 2017), previa a realização de estudo de Avaliação de Riscos à Saúde Humana, com base na norma

ABNT NBR 16.290:2013 e na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02 de 2010. O Plano de Manejo de Rejeitos também previu a realização de estudo de Avaliação de Risco Ecológico (ARE).

Os estudos de ARSH previstos abordam pontos de vista diferentes para uma mesma questão, os impactos do rompimento no ambiente representariam riscos à saúde da população? Ainda que haja diferenças na abordagem dos programas de saúde e manejo de rejeitos, as metodologias possuem pontos em comum e complementares, em especial os cálculos de risco à saúde, que se baseiam nos mesmos princípios e equações.

Já o estudo de ARE, visa estimar a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos ao meio biótico como resultado da exposição a um ou mais agentes estressores oriundos do rompimento da barragem de Fundão.

Neste contexto, é necessário que haja uma integração dos estudos de ARSH dos programas de saúde e manejo de rejeito, bem como do estudo de risco ecológico. Essa integração deriva do desenvolvimento de uma base de dados comum, que tenha origem em dados secundários disponíveis e dados primários a serem gerados por cada área a ser estudada. É desejável que, dentro do possível, as soluções sejam integradas para os eventuais riscos identificados.

Este documento tem por objetivo apresentar o procedimento denominado GAISMA (Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente), desenvolvido pela Fundação RENOVA para a integração da gestão dos riscos à saúde humana e ecológicos, com base na sistematização de procedimentos de qualificação, investigação e caracterização ambiental, bem como no gerenciamento integrado do risco (ecológico e à saúde humana).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REFERÊNCIAS TÉCNICAS E NORMATIVAS

O presente documento foi desenvolvido utilizando os seguintes procedimentos técnicos:

[1] ABNT NBR 16209: 2013. Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas;

[2] ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual (ATSDR, 2005). Última atualização em Dezembro de 2005 (<https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamannual/toc.html>);

[3] Resolução CONAMA nº 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas;

[4] COPAM/CERH. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02/2010, de 6 de Setembro de 2010, que estabelece diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas;

[5] Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. (2010). Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos. Brasília/2010;

[6] US.EPA - Environmental Protection Agency (2007). Framework for Metals Risk Assessment. Washington, DC, EPA 120/R-07/001. Março de 2007;

[7] US.EPA - Environmental Protection Agency (2014). Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making;

[8] US.EPA (1989a). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I. Última atualização em Dezembro de 1989 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>);

[9] US.EPA (2011). Exposure Factors Handbook, Volumes I, II e III. National Center for Environmental Assessment (EPA/600/R-09/052F). Última atualização em Setembro de 2011 (<https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook>).

A GAISMA utiliza os princípios apresentados pelo *Framework for Metals Risk Assessment* (USEPA, 2007), os quais tem como base propriedades fundamentais dos metais e serão abordados e incorporados em todas as avaliações de risco de metais inorgânicos:

- Os metais são constituintes que ocorrem naturalmente no meio ambiente e suas concentrações variam regionalmente;
- Todos os compartimentos do meio físico possuem ocorrências naturais de metais, sendo estes frequentemente introduzidos no ambiente como misturas;
- Alguns metais são essenciais para manter a saúde adequada de seres humanos, animais, plantas e microorganismos;
- Os metais, diferentemente dos produtos químicos orgânicos, não são criados nem destruídos por processos biológicos ou químicos; embora, esses processos possam transformar metais de uma espécie para outra (estados de valência) e convertê-los entre formas inorgânicas e orgânicas;
- A absorção, distribuição, transformação e excreção de um metal dentro de um organismo depende do metal, da forma de ocorrência do metal ou do composto metálico, e da capacidade do organismo de regular e armazenar o metal.

2.2 ENGAJAMENTO DAS PARTES INTERESSADAS

Conforme descrito na Seção 3 do documento "*Public, Stakeholder and Community Involvement*" do *Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making*" da USEPA (2014) ¹ o objetivo geral do envolvimento das partes interessadas é oferecer oportunidades para que possam contribuir ao longo de todo o processo de tomada de decisão".

O desenvolvimento do processo de engajamento das partes interessadas levou em consideração os pontos chave indicados no *Framework* (USEPA, 2014), sendo eles: "[1] Quais são as oportunidades de participação pública, incluindo indivíduos, comunidades e órgãos governamentais? [2] Quem são as partes interessadas ou grupos comunitários? [3] Quais os tipos de produtos de comunicação que serão necessários? [4] Quais mecanismos de envolvimento serão mais eficazes para o engajamento da comunidade e do governo?". Durante este processo a equipe da GAISMA seguirá todas as recomendações descritas nas

¹ Todos os conteúdos citados neste documento e provenientes de normativas escritas originalmente em língua inglesa estão sendo apresentados em versão traduzida livremente pelos autores deste documento.

Diretrizes do MS em relação ao contato com as partes interessadas e, principalmente, com as comunidades: “Desde a etapa preparatória até a divulgação das informações à comunidade, os preceitos éticos devem permear todas as discussões, lembrando sempre que se está lidando com pessoas que não devem ser consideradas como objeto e sim como sujeito das ações” (p. 15, Diretrizes do MS).

3 GAISMA

O rompimento da Barragem de Fundão ocasionou impactos ambientais em escala regional, levando à necessidade de desenvolvimento de uma estratégia específica para diagnóstico dos impactos, avaliação dos potenciais riscos e definição de estratégias para proteção à saúde humana e reabilitação do meio ambiente.

Diversos fatores caracterizam o evento supramencionado, destacando-se:

- Caráter regional. – Potencial impacto nos cerca de 670 km na Bacia do Rio Doce;
- Fonte primária associada ao rejeito proveniente da Barragem de Fundão;
- Fonte primária distante do ponto mais a jusante do impacto (região da Foz do Rio Doce);
- Fontes secundárias associadas ao processo de deposição sedimentar, ao longo da bacia do Rio Doce;
- Fontes secundárias dispostas em diferentes localidades e em diferentes matrizes ambientais;
- Possíveis fontes diversas de contaminação (inclusive antrópicas) não relacionadas à fonte primária (rompimento da barragem de rejeitos);
- Substâncias Químicas de Interesse (SQI) associadas aos níveis de concentrações basais da região;
- Substâncias Químicas de Interesse (SQI) não associadas à fonte primária (para áreas em que há indicação de outras substancias não relacionadas ao rejeito);
- Condições de contorno regionais de difícil fixação/caracterização;
- Cenários de exposição diversificados e específicos;
- Múltiplas partes interessadas.

A GAISMA baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais (Figura 3-1).

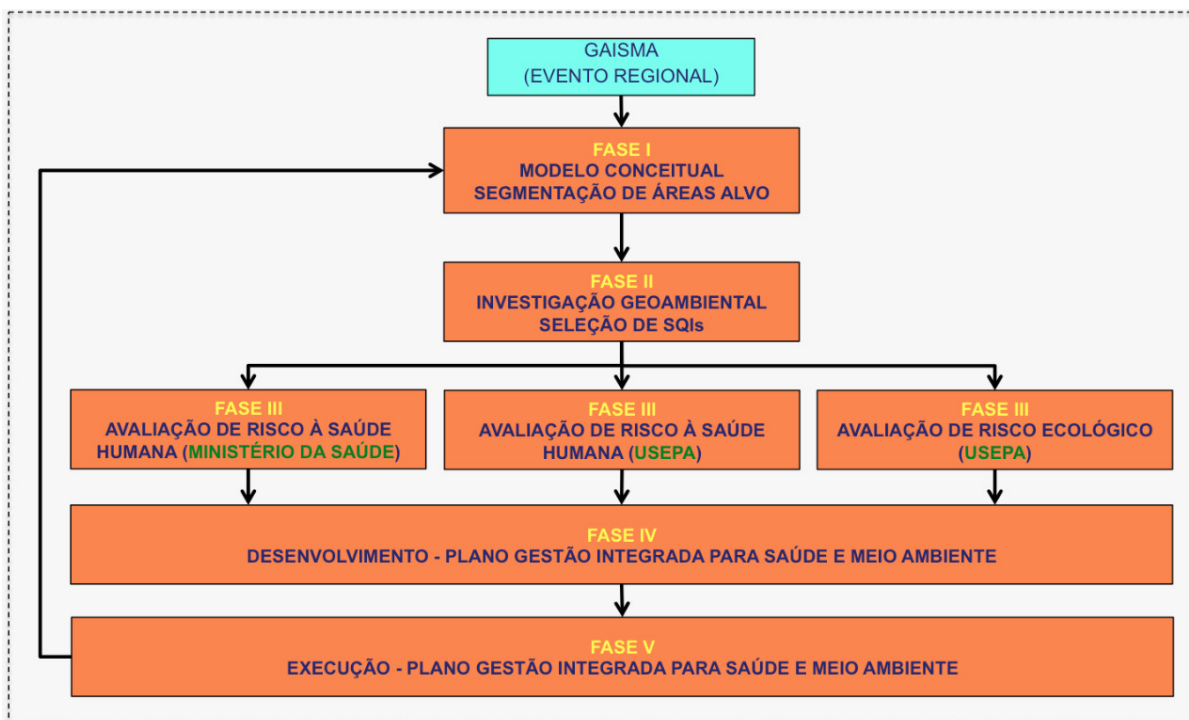


Figura 3-1: Fluxograma Geral - GAISMA.

Na GAISMA, a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior, conforme descrito abaixo:

[1] FASE I – Definição do Modelo Conceitual e Segmentação de áreas alvo: Nesta etapa é definido o modelo conceitual ambiental (MCA) específico, contendo informações relativas às áreas em estudo (área alvo – AA), incluindo a localização espacial, características do meio físico, características do uso e ocupação do solo, informações e dados quanto ao impacto ambiental relacionado ao evento de rompimento da barragem de Fundão, bem como a caracterização preliminar dos potenciais receptores encontrados na área de estudo. Neste momento são revisados e consolidados projetos e relatórios técnicos desenvolvidos pela FUNDAÇÃO RENOVA, incluindo os Programa de Monitoramento e estudos de caracterização ambiental, e outros estudos disponíveis em universidades, bem como em outras fontes de dados. Os produtos da FASE I são o Modelo Conceitual Ambiental (MCA) específico de cada AA, a consolidação da base de dados ambientais inicial para cada AA a ser avaliada, o plano de investigação GeoAmbinetal a ser executado na FASE II, caso necessário, e a base de informações sobre as preocupações da comunidade com a saúde (conforme item 4 das Diretrizes do Ministério da Saúde, 2010) as quais serão detalhadas e abordadas na etapa FASE III.

[2] FASE II –Investigação GeoAmbiental, Validação de Dados e Seleção de Substâncias Químicas de Interesse (SQIs): Na FASE II é executado o

Plano de Caracterização de Investigação GeoAmbiental desenvolvido na FASE I, o qual deverá gerar todas as informações necessárias para subsidiar a fase de Avaliação de Risco a Saúde Humana pelas metodologias da US.EPA (RAGS, 1989) e Ministério da Saúde (MS, 2010), bem como a Avaliação de Risco Ecológico pela metodologia da US.EPA (US.EPA, 1997). Nesta etapa também é feita a Seleção de Substâncias Químicas de Interesse (SQIs) para as quais serão avaliados os riscos na Fase III.

[3] FASE III – Avaliação de Risco a Saúde Humana e Ecológico: Nesta etapa são executados os estudos de Avaliação de Risco com base no Protocolo do Ministério da Saúde, Avaliação de Risco com base no procedimento *Risk Assessment Guideline for Superfund* (RAGS) desenvolvido pela USEPA e a Avaliação de Risco Ecológico com base no procedimento também desenvolvido pela USEPA.

[4] FASE IV – Plano de Intervenção para Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente: A FASE IV consolidará todas as medidas de intervenção (institucionais, de engenharia e de remediação) a serem aplicadas na área alvo, bem como os planos de monitoramento e comunicação do risco, considerando a execução de ações de controle para a eliminação da exposição, redução a níveis aceitáveis dos riscos identificados na FASE III, e possibilidade indicação da necessidade de acompanhamento das populações potencialmente expostas por meio de estudos adicionais epidemiológicos e toxicológicos. Também são consideradas as ações de monitoramento continuado da eficiência das medidas a serem implantadas.

[5] FASE V - Execução do Plano de Intervenção para Gestão Integrada da Saúde e Meio Ambiente: Nesta etapa devem ser executados os projetos e planos definidos na FASE IV, visando a eliminação/mitigação da exposição e atingimento do risco aceitável, bem como aplicação do Plano de Comunicação do Risco visando dar transparência a todas as ações adotadas e informar claramente às partes envolvidas.

A GAISMA será desenvolvida por uma equipe multidisciplinar, sendo que a composição da equipe poderá variar em função das complexidades e do contexto da área alvo em estudo. A equipe responsável pela execução da GAISMA será composta minimamente por especialistas na área de investigação ambiental e avaliação de risco (ex.: biólogos, engenheiros, geólogos, químicos) e toxicologistas. Outros profissionais da área de saúde (ex.: epidemiologistas, médicos, enfermeiros) e da área de comunicação farão parte da equipe de acordo com as especificidades de cada área alvo.

3.1 FASE I – MODELO CONCEITUAL E SEGMENTAÇÃO DAS ÁREAS ALVO

A etapa de FASE I tem como objetivo inicial o desenvolvimento do modelo conceitual geral para o evento do rompimento da barragem de Fundão, o qual servirá de base para: a segmentação das áreas alvo; o desenvolvimento do modelo conceitual ambiental específico para essas áreas; a definição da base de dados secundários disponíveis; e, caso necessário, a elaboração de um plano de investigação GeoAmbiental.

O modelo conceitual documenta todas informações relativas à como os potenciais receptores identificados na área alvo em estudo podem entrar em contato com as substâncias químicas de interesse a serem identificadas nessa área.

Os produtos da FASE I da GAISMA são:

- Identificação, descrição e classificação das preocupações da comunidade;
- Modelo Conceitual Ambiental específico da área alvo em estudo;
- Conjunto de dados validados para uso em ARSH;
- Plano de Investigação GeoAmbiental, quando aplicável.

A Figura 3.1-1 apresenta o fluxograma da etapa da FASE I da GAISMA. A execução dessas etapas é discutida nos itens a seguir.

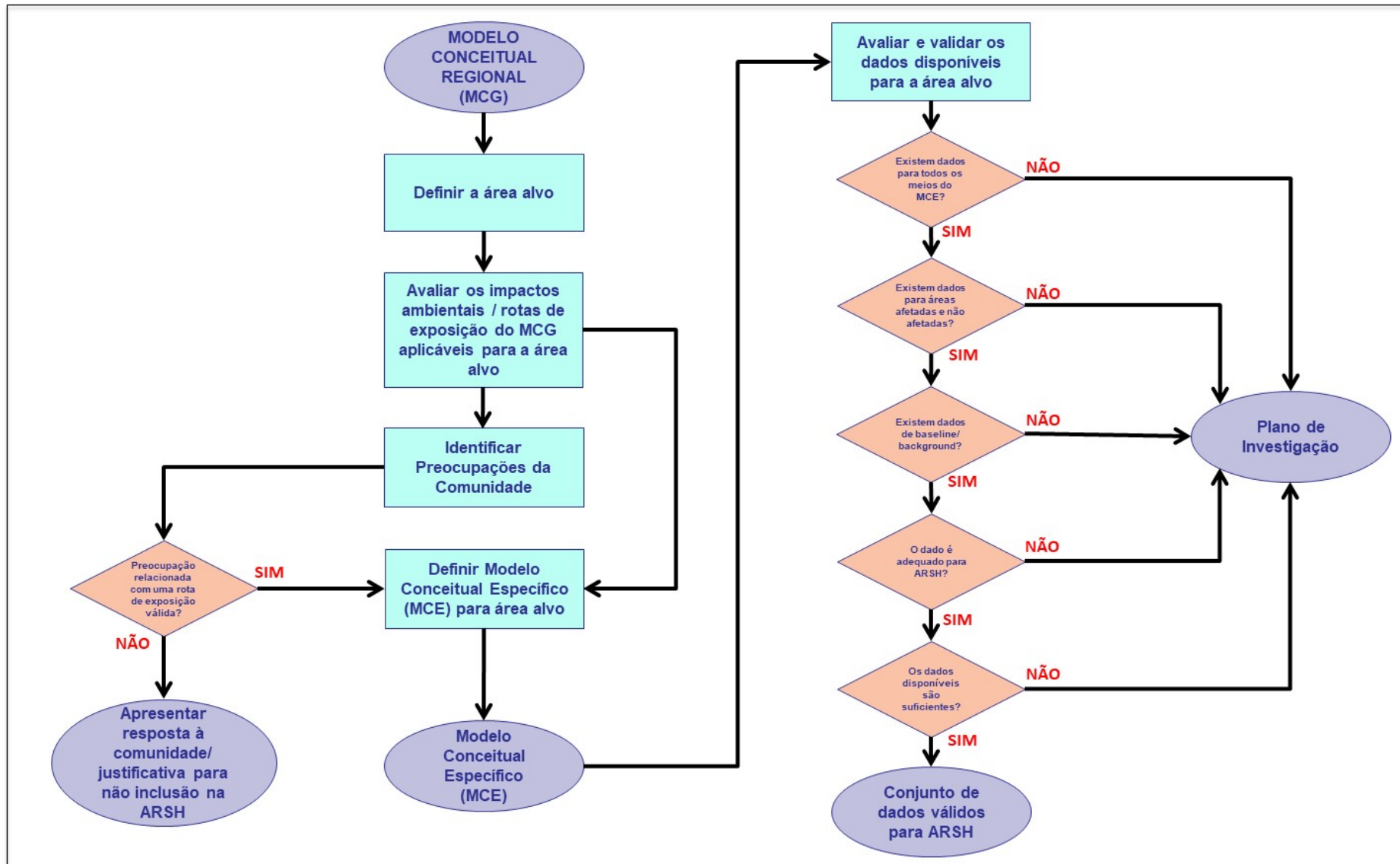


Figura 3.1-1: Fluxograma - FASE I - GAISMA.

3.1.1 MODELO CONCEITUAL GERAL

O modelo conceitual constitui-se numa síntese das informações relativas à extensão impactada pelo evento do rompimento da barragem de Fundão, onde se pode visualizar, através de texto explicativo ou ilustração, a localização da contaminação, a sua forma de propagação e a sua relação com os bens a proteger existentes. São considerados bens a proteger: saúde e bem-estar da população, fauna e flora, qualidade do solo, das águas e do ar, interesses de proteção à natureza/paisagem, ordenação territorial e planejamento regional e urbano, segurança e ordem pública (ABNT, 2013).

Em suma, o modelo conceitual permite a identificação das fontes de contaminação, mecanismos de transporte, rotas de exposição e receptores com base nas características da contaminação, do ambiente e do uso e ocupação do solo.

Para adequada aplicação do procedimento GAISMA é necessário que seja desenvolvido um Modelo Conceitual Geral (MCG), no qual todas os caminhos de exposição possíveis e aplicáveis ao caso do rompimento da barragem de Fundão deverão estar contemplados, de forma que este sirva de base para a análise inicial e levantamento de dados em todas as áreas alvo a serem estudadas.

A Figura 3.1-2 abaixo apresenta o Modelo Conceitual Geral (MCG) desenvolvido para a aplicação da GAISMA associado ao rompimento da Barragem de Fundão. O MCG foi o mais abrangente possível e servirá de base para definição dos modelos conceituais ambientais específicos de cada fase do procedimento GAISMA por área alvo a ser investigada.

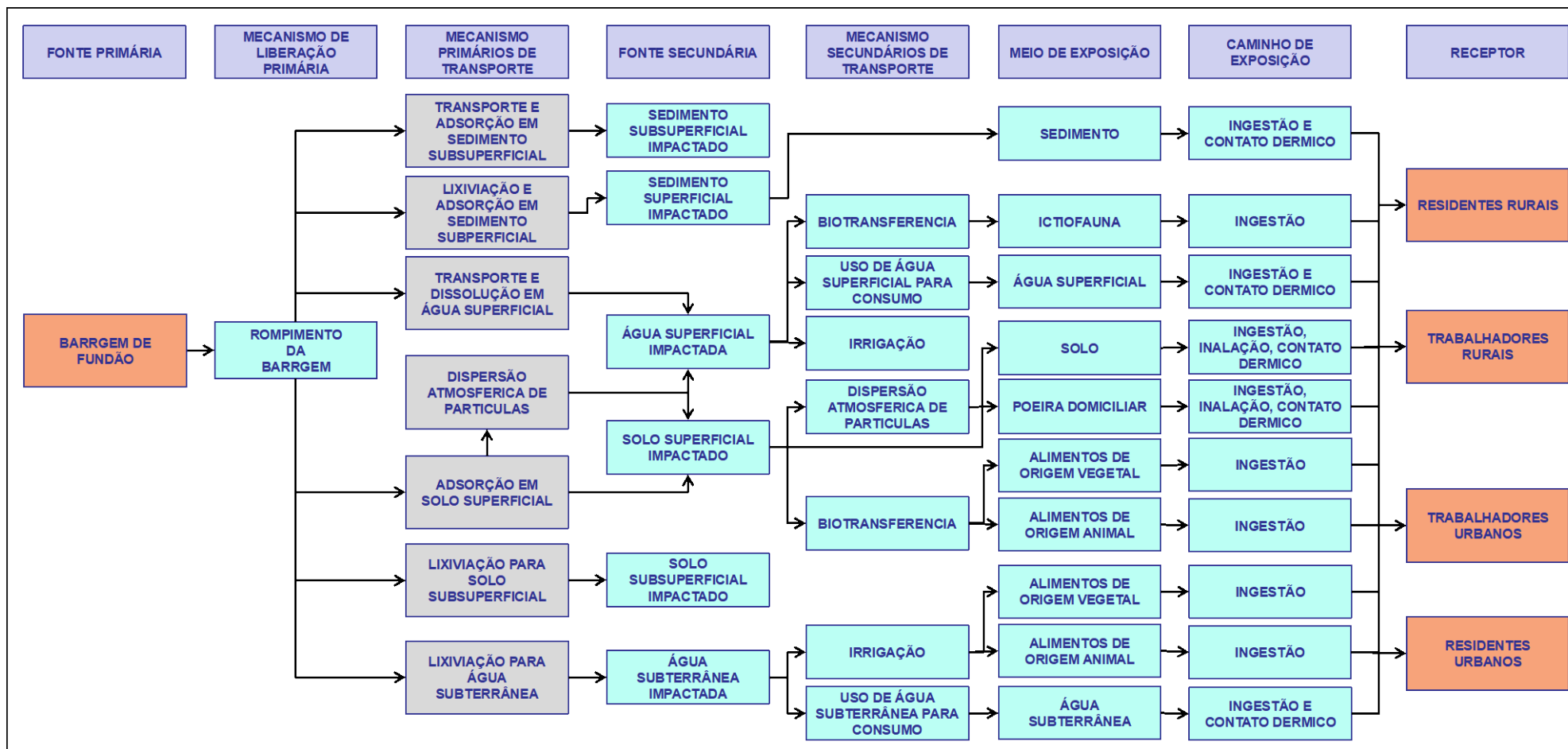


Figura 3.1-2: Modelo Conceitual Geral - GAISMA.

O Modelo Conceitual Geral (MCG) deverá ser cruzado com a análise dos dados e informações disponíveis na Fundação Renova, em projetos, trabalhos acadêmicos, bancos de dados, entre outras fontes, que tenham sido desenvolvidos para toda a região impactada pelo rompimento da barragem de Fundão. Serão considerados os seguintes grupos de dados regionais: Fisiografia; Geologia; Geoquímica; Hidrogeologia; Hidrogeoquímica; Hidrologia; Hidroquímica; Pedologia; Uso e ocupação do Solo.

A associação do MCG com a compilação de dados dará origem ao mapa mosaico, para toda a extensão da região impactada, que será usado como base inicial de informações do meio físico para a segmentação das áreas alvo a partir da definição das macrorregiões de interesse. O mapa mosaico é um mapa representativo do conjunto de mapas das áreas alvo a serem apresentados em escala adequada para toda a extensão da região impactada.

Uma vez finalizado o mapa mosaico do meio físico, deverão ser sobrepostos a esse mapa as camadas de consolidação dos dados de uso e ocupação do solo e impactos ambientais (Ver Seção 3.1.2.1), segmentados por matriz ambiental.

Nesse contexto, o cruzamento do MCG e o mapa mosaico dará origem ao mapa detalhado de cada área alvo, bem como o modelo conceitual ambiental específico para essas áreas (Ver Seção 3.1.2.3).

3.1.2 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS ALVO

Os impactos ambientais causados pelo rompimento da Barragem de Fundão têm escala regional, atingindo cerca de 670 km de cursos d'água em dois estados, MG e ES, além de parte da costa na região da foz do rio Doce.

Os impactos ambientais do deslocamento da onda de rejeitos e sedimentos, que compõe a lama, ao longo do trajeto entre Fundão e a foz do rio Doce foram distintos. A montante da Usina Hidroelétrica Risoleta Neves (Candonga), ocorreu deposição do rejeito liberado nas calhas dos rios e em planícies de inundação. A jusante da referida UHE, o impacto do rompimento ocorreu na calha do Rio Doce, observando-se pouca deposição de rejeitos nas margens até a região estuária e costeira, próxima a foz do Rio Doce. As características do ambiente também mudam significativamente no trajeto de Fundão até a foz. A geologia, topografia, hidrografia, cobertura vegetal, uso e ocupação, variam ao longo do trecho. Por estes motivos, justifica-se a segmentação da área de estudo em áreas alvo (AA).

Além das características listadas acima, os dados e resultados obtidos nos Programas de Monitoramento (PMQACH, PMQQS, entre outros) que vem sendo desenvolvidos pela FUNDAÇÃO RENOVA também servirão de base para análise regional e segmentação das áreas alvo ao longo da Bacia do Rio Doce.

A segmentação das áreas alvo possui o seguinte escopo:

- [1] Avaliação dos Impactos Ambientais;
- [2] Identificação das Preocupações da Comunidade; e,
- [3] Definição do Modelo Conceitual Ambiental.

3.1.2.1 Avaliação dos Impactos Ambientais

Após a definição física da área alvo, deve ser realizado um levantamento da informação do local, com base em dados secundários, de modo a identificar os impactos ambientais regionais e as rotas de exposição aplicáveis, a fim de estabelecer um modelo conceitual ambiental (MCA) que será específico para cada área alvo a ser avaliada.

Esta etapa corresponde à primeira etapa das Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH - Levantamento e Avaliação da Informação do Local, bem como ao capítulo 4 do *Risk Assessment Guidance for Superfund* (RAGS) Volume I (US.EPA, 1989). Nela serão avaliados:

1. Antecedentes: consiste em um levantamento detalhado do histórico da região, dados geográficos, informações sobre a organização político-administrativa, a descrição do local contaminado, incluindo os aspectos operacionais a atividade desenvolvida no local, históricos e procedimentos reguladores, conforme item 3.1 das Diretrizes do Ministério da Saúde para ARSH (MS, 2010) e itens 4.1 e 4.2 do RAGS (USEPA, 1989). Dentre os principais grupos de informações que serão levantadas estão:
 - a. Histórico da Região Impactada;
 - b. Dados Geográficos;
 - c. Organização Político –Administrativa;
 - d. Descrição da região contaminada;
 - e. Revisão dos dados ambientais disponíveis;
 - f. Definição dos parâmetros para modelamento matemático;
 - g. Definição da necessidade de dados de níveis de concentrações basais.
2. Aspectos demográficos: consite na caracterização das populações potencialmente expostas na área alvo em estudo e das suas imediações. O objetivo será a determinação do tamanho e as características das populações que tem maiores probabilidades de no passado, no presente e, ainda, no futuro, estarem expostas aos

contaminantes associados ao rompimento da barragem de Fundão. Dentre os principais grupos de informações que serão levantadas estão:

- a. Identificação preliminar dos pontos de exposição;
 - b. Identificação preliminar dos receptores (humanos e ecológicos);
 - c. Identificação preliminar dos cenários de exposição.
3. Uso do Solo e Informação sobre o uso de Recursos Naturais: será realizado o levantamento detalhado do uso e ocupação do solo na área alvo a ser avaliada. A definição de uso e ocupação do solo irá contemplar todas as características que possam tipificar as populações potencialmente expostas presentes em toda a extensão da região impactada pelo rompimento da barragem de Fundão, sendo consideradas as seguintes informações:
- a. Tipo de ocupação (residencial urbana ou rural, comercial, industrial, agrícola extensiva ou de subsistência, pecuária, pesca, área de preservação permanente, recreação, entre outros);
 - b. Densidade da ocupação;
 - c. Extensão da ocupação;
 - d. Populações específicas como populações indígenas, quilombolas, entre outras;
 - e. Receptores ambientais (ex.: rios, córregos) e humanos (ex.: hospitais, creches) sensíveis;
 - f. Dinâmica de uso como tipo de atividade agrícola (ex.: cacaueteira, cana de açúcar, café), tipo de indústrias identificadas, entre outras;
 - g. Bioma e seus principais representantes: a fim de verificar a relação desse com os mecanismos de transporte dos contaminantes na área. Deve se caracterizar o estágio de preservação da biota e a relação que as populações humanas mantêm com o ecossistema, por exemplo: exploração de madeira, consumo de mariscos e peixes, utilização de produtos da floresta, garimpagem, usos medicinais;
 - h. Neste momento também serão levantados dados secundários demográficos que possam servir de base para a caracterização destas populações, os quais podem ser obtidos em estudos acadêmicos, estudos de impacto ambiental (EIA/RIMA), dados

disponíveis em prefeituras municipais, órgãos de saúde municipais, estaduais e federais, órgãos ambientais estaduais, IBAMA, IBGE, entre outros.

4. Contaminação Ambiental: consiste no levantamento das substâncias químicas e suas concentrações identificadas em cada matriz ambiental da área alvo em estudo. Serão considerados resultados analíticos de estudos anteriores disponíveis. Serão considerados ainda os estudos realizados pela própria FUNDAÇÃO RENOVA (Estudo de Caracterização geoquímica de rejeitos, solos e sedimentos, Planos de Manejo de Rejeitos, dados do PMQQS), bem como de fontes oficiais (CPRM, IGAM) e trabalhos acadêmicos e artigos científicos.
5. Informações sobre Rotas Ambientais: consiste, inicialmente, na análise dos dados e informações disponíveis na Fundação Renova, em projetos, trabalhos acadêmicos, bancos de dados, entre outras fontes, que tenham sido desenvolvidos para toda a região impactada pelo rompimento da barragem de Fundão. Serão considerados os seguintes grupos de dados regionais: Fisiografia; Geologia; Geoquímica; Hidrogeologia; Hidrogeoquímica; Hidrologia; Hidroquímica; Pedologia; Uso e ocupação do Solo.
6. Dados sobre efeitos na saúde: consiste, inicialmente, na identificação de informações sobre efeitos na saúde pertinentes a área alvo que está sendo avaliada. Serão consultadas as principais fontes de informação sobre os efeitos na saúde como as secretarias de saúde do Estado de Minas Gerais e Espírito Santo, secretarias de saúde dos municípios atingidos pelo evento de rompimento da Barragem de Fundão, e os postos de saúde locais. Além disso, serão utilizados bancos de dados sobre saúde de instituições privadas e federais. Todos os bancos de dados sobre efeitos na saúde e informação utilizados nas avaliações de saúde serão assinalados neste item, incluindo o banco de dados do Sistema Único de Saúde – SUS (<http://tabnet.datasus.gov.br/tabnet/tabnet.htm>).

3.1.2.2 Identificação das Preocupações da Comunidade

O procedimento de identificação das preocupações da comunidade estabelecido no âmbito da GAISMA segue as determinações da Seção 4 – “Levantamento das Preocupações da Comunidade com sua Saúde” das Diretrizes do MS (2010), e considera as proposições da Seção 3 – “*Public, Stakeholder and Community Involvement*” do *Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making* da USEPA (2014). Ambos os documentos consideram a

identificação das preocupações da comunidade um ponto chave e uma das principais seções de uma ARSH. As Diretrizes do MS enfatizam que esta etapa “irá subsidiar a etapa da avaliação denominada implicações para saúde pública, além de nortear a maneira de comunicar o risco às populações expostas” (Diretrizes do MS, p. 14).

Esta etapa está conectada ao engajamento da equipe da GAISMA com as partes interessadas específicas da área alvo em estudo (Seção 2.2).

Nesta etapa serão mapeadas todas as partes interessadas relacionadas à área alvo em estudo. Este mapeamento incluirá, mas não se limitará, a: comunidade das áreas alvo ² e seus representantes, Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA associados à área alvo, e Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, Meio Ambiente, Agricultura, Indústria e Comércio. O mapeamento das partes interessadas irá nortear a adequação dos materiais de comunicação gerais da GAISMA, adequando-os a cada público alvo identificado.

Após a realização do mapeamento, será encaminhado um ofício às Secretarias Estaduais de Saúde e Meio Ambiente e às Câmera Técnicas de Saúde, Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental e Biodiversidade, informando sobre o início da execução da GAISMA na área alvo.

Com a formalização do início das atividades da GAISMA, será dado início a uma série de reuniões que visam o engajamento e envolvimento de todas as partes interessadas. Todas as reuniões descritas neste documento convergem para a realização de uma Reunião Geral com participação efetiva da comunidade. Conforme descrito na Seção 2.2, o objetivo do engajamento da comunidade é garantir a oportunidade de participação no estudo, entretanto, é importante salientar que participação nas reuniões é facultativa.

O processo de engajamento e comunicação com as partes interessadas é essencial para o sucesso da execução da GAISMA. Este processo é contínuo, iniciando-se na FASE I da GAISMA e seguindo nas fases subsequentes. Desta maneira, e seguindo as recomendações das Diretrizes do MS, diversas etapas de reuniões acontecerão ao longo da execução da GAISMA. Ao final das FASES I, II e III está prevista uma devolutiva à comunidade, cujo conteúdo está descrito nos subitens 3.1.5, 3.2.5 e 3.3.5. Adicionalmente, ocorrerão reuniões ao longo das

² De acordo com a Seção 4 das Diretrizes do MS (2010) “a comunidade associada a um local de risco pode ser definida como a população que vive nas suas vizinhanças e todas as pessoas que podem proporcionar ou disseminar informação pertinente sobre o local durante o processo de avaliação de saúde, além de pessoas que estiveram ou estão vinculadas com o problema. A comunidade envolvida pode incluir residente individual que vive nas proximidades ou grupos organizados da comunidade e seus representantes”.

etapas de FASE IV e V, conforme especificidades da execução dessas fases em cada área alvo.

Os itens a seguir descrevem as reuniões iniciais, as quais representam a etapa preparatória do levantamento das preocupações da comunidade, conforme descrito na seção 4.1 das Diretrizes do MS.

Etapa Preparatória

1. Reunião preparatória para entrada na área alvo

- Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA;
- Quando: Deve ser realizada antes de qualquer contato com membros da comunidade;
- Objetivos:
 - i. Explicar a GAISMA ao público interno da FUNDAÇÃO RENOVA envolvido diretamente com área alvo em estudo;
 - ii. Apresentar o andamento da GAISMA nas demais áreas alvo;
 - iii. Identificar os representantes dos órgãos governamentais da área alvo específica que devem ser envolvidos nas reuniões com os agentes do poder público e comunidade.

2. Reunião com agentes do poder público da área alvo:

- Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA, Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente e especialistas indicados pelas Secretarias Estaduais e/ou Câmaras Técnicas;
- Quando: É o primeiro contato da equipe da GAISMA com órgãos governamentais para tratar da área alvo em estudo. Deve ser realizada antes de qualquer contato com representantes e membros da comunidade;
- Objetivos:
 - i. Explicar a GAISMA aos órgãos governamentais das áreas alvo em estudo, juntamente com o cronograma de atividades;
 - ii. Apresentar o andamento da GAISMA nas demais áreas alvo;

- iii. Identificar os representantes das comunidades da área alvo que devem ser envolvidos para possibilitar a efetividade das Reuniões Gerais com as comunidades na etapa de visita ao local³.

O item abaixo descreve a segunda etapa de reuniões, a qual representa a etapa de visita ao local (área alvo), conforme descrito na seção 4.2 das Diretrizes do MS.

Visita ao local

3. Reuniões com a comunidade e agentes do poder público:

- **Nível 1 – Primeiro contato:**
 - Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA, Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente, especialistas indicados pelas Secretarias Estaduais e/ou Câmaras Técnicas, e representantes das comunidades das áreas alvo específicas;
 - Quando: É o primeiro contato da equipe da GAISMA com a comunidade. Deve ser realizada antes da Reunião Geral com a comunidade;
 - **Objetivos:**
 - i. Explicar a GAISMA aos representantes das comunidades das áreas alvos em estudo;
 - ii. Apresentar, de forma resumida, o andamento da GAISMA nas demais áreas alvo;
 - iii. Início do levantamento das preocupações da comunidade da área alvo;
 - iv. Agendar a realização da Reunião Geral com as comunidades da área alvo e explicar os objetivos desta reunião.
- **Nível 2 – Reunião Geral:**
 - Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA, Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente, especialistas indicados pelas Secretarias Estaduais e/ou Câmaras Técnicas, e Comunidades das áreas alvo;
 - Quando: É o segundo contato da equipe da GAISMA com a comunidade;

³ A etapa de visita ao local tem como objetivo a identificação das preocupações da comunidade e está descrita em detalhes na Seção “3.1.2.2” deste documento.

- o Objetivos:
 - i. Explicar a GAISMA às comunidades das áreas alvos em estudo e qual o envolvimento da comunidade planejado;
 - ii. Apresentar, de forma resumida, o andamento da GAISMA nas demais áreas alvo;
 - iii. Apresentar o interlocutor da equipe GAISMA responsável pela comunicação com a comunidade;
 - iv. Explicar a etapa de levantamento das preocupações da comunidade da área alvo, que seguirá o apresentado no Apêndice 1.

3.1.2.2.1 Descrição e Classificação das Preocupações da Comunidade

Essa etapa tem como objetivo responder à seguinte pergunta: as preocupações da comunidade estão relacionadas com uma rota de exposição válida?

Todas as preocupações da comunidade serão descritas no Relatório de FASE I. Como o propósito de Avaliações de Risco à Saúde Humana é analisar “as implicações na saúde humana e as preocupações da comunidade pela exposição aos contaminantes de interesse identificados na área estudada” (p. 5, Diretrizes do MS), as preocupações da comunidade serão categorizadas em dois grupos distintos: 1) preocupações relacionadas à rotas de exposição válidas, como por exemplo preocupações quanto ao consumo de alimentos produzidos em solo com a presença rejeito e ao uso de rio atingido pelo rompimento; 2) preocupações não relacionadas à rotas de exposição válidas, como por exemplo preocupações relacionadas a ocorrências de sarampo.

As preocupações caracterizadas no grupo 1 (relacionadas à rotas de exposição válidas) serão inclusas no modelo conceitual ambiental específico para a área alvo (Ver Seção 3.1.2.3) e serão respondidas no Relatório de FASE III com base nas conclusões da etapa de avaliação toxicológica. As preocupações caracterizadas no grupo 2 (não relacionadas à rotas de exposição válidas) serão listadas e para cada preocupação será apresentada uma justificativa com embasamento científico para sua caracterização como não relacionada à uma rota de exposição.

O objetivo deste agrupamento é trazer transparência a comunidade e, desde a FASE I, informar a todos os envolvidos quais preocupações podem ser respondidas com base na informações já disponível para a área alvo em estudo (grupo 1), quais poderão ser respondidas pela ARSH executada na Fase III da GAISMA (grupo 1) e quais precisam ser endereçadas por outros estudos (grupo

2). As conclusões dessa etapa serão incluídas na etapa de devolutiva à comunidade.

A identificação das preocupações da comunidade consiste em um produto da FASE I da GAISMA.

3.1.2.3 Definição do Modelo Conceitual Ambiental específico

A definição do modelo conceitual ambiental (MCA) a ser desenvolvido especificamente para cada área alvo a ser estudada terá como base o modelo conceitual geral e o mapa mosaico discutidos na Seção 0. Sendo assim, o MCA deverá caracterizar aspectos inerentes aos impactos ambientais identificados na Seção 3.1.2.1 e as preocupações da comunidade relacionadas à rotas de exposição válidas, conforme descrito na Seção 3.1.2.2. O MCA específico será sumarizado conforme a Figura 3.1-3.

MODELO CONCEITUAL AMBIENTAL Específico

Área Alvo: _____

Siga as instruções abaixo. Não considerar controles de engenharia ou de uso do solo quando descrever as vias de exposição

Preenchido por: _____

Data: _____

(1)
Verificar o compartimento ambiental que pode ser diretamente afetada pela lama de rejeitos

(2)
Para cada compartimento ambiental (1), siga a seta superior e verifique a possibilidade de mecanismos de transporte ocorrerem. Brevemente liste outros mecanismos ou referências.

(3)
Verifique o caminho de exposição identificado em (2).

(4)
Verifique as vias de ingresso que são completas ou requerem maior investigação.

(5)
Identifique os receptores potencialmente afetados por cada via de exposição. Coloque "A" para receptores atuais, "F" para futuros receptores, ou "AF" para atuais e futuros.

Receptores Atuais e Futuros

Meio	Mecanismos de Transporte	Caminho de Exposição	Vias de Exposição	Receptores Atuais e Futuros
Solo Superficial	<input type="checkbox"/> Liberação Direta para Solo Superficial <small>Verificar solo</small>	<input type="checkbox"/> solo	<input type="checkbox"/> Ingestão Acidental de Solo	
	<input type="checkbox"/> Migração ou lixiviação para subsuperfície <small>Verificar solo</small>		<input type="checkbox"/> Absorção Dermal de Contaminantes do Solo	
	<input type="checkbox"/> Migração ou lixiviação para ASB <small>Verificar água subterrânea</small>			
	<input type="checkbox"/> Emissão de Partículas <small>Verificar ar</small>			
	<input type="checkbox"/> Escoamento ou Erosão <small>Verificar água superficial</small>			
Solo Subsuperficial	<input type="checkbox"/> Liberação Direta para Solo Subsuperficial <small>Verificar solo</small>	<input type="checkbox"/> água subterrânea	<input type="checkbox"/> Ingestão de Água Subterrânea	
	<input type="checkbox"/> Lixiviação para ASB <small>Verificar água subterrânea</small>		<input type="checkbox"/> Absorção Dermal de Contaminantes em Água Sub.	
	<input type="checkbox"/> Emissão de Partículas durante escavação <small>Verificar ar</small>		<input type="checkbox"/> Inalação de Compostos Voláteis (Água de Abastecimento)	
Água Subterrânea (ASB)	<input type="checkbox"/> Liberação Direta para Água Subterrânea <small>Verificar ASB</small>	<input type="checkbox"/> ar	<input type="checkbox"/> Ingestão e Inalação de Partículas em Ambiente Interno	
	<input type="checkbox"/> Transporte em Meio Saturado <small>Verificar ASB</small>		<input type="checkbox"/> Ingestão e Inalação de Partículas em Ambiente Externo	
	<input type="checkbox"/> Fluxo para corpo de água superficial <small>Verificar ASP</small>		<input type="checkbox"/> Ingestão e Inalação de Poeira Soerguida	
	<input type="checkbox"/> Fluxo para sedimento <small>Verificar sedimento</small>			
	<input type="checkbox"/> Biotransferência <small>Verificar biota</small>			
Água Superficial (ASP)	<input type="checkbox"/> Liberação direta para Água Superficial <small>Verificar água superficial</small>	<input type="checkbox"/> água superficial	<input type="checkbox"/> Ingestão de Água Superficial durante Recreação	
	<input type="checkbox"/> Recarga do Aquífero <small>Verificar água subterrânea</small>		<input type="checkbox"/> Absorção Dermal de Contaminantes em Água Superficial	
	<input type="checkbox"/> Sedimentação <small>Verificar sedimento</small>		<input type="checkbox"/> Ingestão de Água Superficial (Água de Abastecimento)	
	<input type="checkbox"/> Biotransferência <small>Verificar biota</small>			
Sedimento (SED)	<input type="checkbox"/> Liberação direta para sedimento <small>Verificar SED</small>	<input type="checkbox"/> sedimento	<input type="checkbox"/> Contato Direto com Sedimento	
	<input type="checkbox"/> Ressusp., soergimento, ou erosão <small>Verificar ASP</small>			
	<input type="checkbox"/> Biotransferência <small>Verificar biota</small>			
	<input type="checkbox"/> Outros (lista): _____			
		<input type="checkbox"/> biota	<input type="checkbox"/> Ingestão de Comidas Naturais	

R
 Trabalhadores Rurais
 Trabalhadores de Obras Civis
 Trabalhadores Comerciais
 Visitantes, Turistas e
 Trabalhadores Esportivistas
 Outros:

Figura 3.1-3: Ferramenta para elaboração do Modelo Conceitual Ambiental Específico - GAISMA

3.1.3 AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS

A primeira etapa de avaliação e validação dos dados ambientais disponíveis para a área alvo em estudo consiste na compilação dos dados disponíveis para os compartimentos ambientais e rotas de exposição definidos como relevantes pelo modelo conceitual ambiental específico. As seguintes fontes de dados ambientais serão utilizadas:

- Programas de Monitoramento e estudos de caracterização ambiental executados pela Fundação Renova;
- Dados de monitoramento de órgãos regulatórios (ex.: IGAM, FEAM, IEMA);
- Dados coletados por especialistas do Ministério Público relacionados ao rompimento da barragem de Fundão;
- Trabalhos acadêmicos (ex.: Universidades, Órgãos de Pesquisa);
- Outros relatórios e estudos publicados.

Para matrizes ambientais que possuem variação temporal e sazonal, como água superficial, água para consumo humano e sedimentos, deverão ser priorizados dados coletados no âmbito de programas de monitoramento como: o Plano de Monitoramento Quali-quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS); monitoramento de águas superficiais do Estado de Minas Gerais executado pelo IGAM; Programa de Monitoramento de Água para Consumo Humano (PMQACH).

3.1.3.1 Dados Analíticos

Para cada conjunto de dados identificados, serão realizadas as seguintes etapas de validação, conforme descrito no documento "Guidance for Data Usability in Risk Assessment – Part A" da US EPA (1991):

1. Identificação dos pontos de coleta de amostras

Para a validação desse item, inicialmente, serão identificadas as coordenadas dos pontos de coleta de amostra que foram reportadas. A partir dessa identificação será avaliado se as coordenadas reportadas permitem o georreferenciamento dos pontos de coleta e se esses pontos estão localizados dentro dos limites da área alvo em estudo.

Na impossibilidade de georreferenciamento dos pontos de coleta, esses pontos e seus respectivos dados não serão utilizados em um primeiro momento. Nesses casos, com o objetivo de não descartar nenhum dado disponível para a área alvo em estudo, será feito contato com a equipe responsável pela produção

dos dados para verificar a possibilidade de obtenção das coordenadas que possam ser georreferenciadas.

2. Procedimentos de coleta

Os procedimentos de coleta de amostras utilizados por cada conjunto de dados serão avaliados para garantir a utilização de métodos nacionais padronizados. Para matrizes ambientais que não possuem procedimentos de coleta nacionais, serão utilizadas referências de métodos internacionais. Os procedimentos de coleta a serem priorizados são apresentados na Seção 0.

Adicionalmente, será avaliado se as amostras coletadas são adequadas para utilização em estudos de avaliação de risco à saúde humana. Para esse fim, as seguintes referências serão utilizadas: Quadro 3 da Seção 5.8 das Diretrizes do Ministério da Saúde (2010); Tabela 3-1 do "Public Health Assessment Guidance Manual (Update)" da ATSDR (2005); capítulo 5 do "Risk Assessment Guidance for Superfund" da US EPA (1989); e capítulo 4 do "Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund" da US EPA (1997).

Além disso, serão observados se procedimentos de controle e garantia de qualidade da amostragem foram utilizados para a coleta das amostras. Serão utilizados como referência de procedimentos de controle e garantia de qualidade da amostragem: Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (2011); a norma ABNT NBR 16.435 de 2015; e os documentos "Field Sampling Procedures Manual" (USEPA, 2005) e Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies (USEPA, 2005), observando-se o capítulo 5.4 do RAGS da US EPA (1989).

3. Procedimentos de preservação e envio de amostras

A validação desse item ocorrerá através da avaliação das cadeias de custódia (COCs) das campanhas de amostragem de cada conjunto de dados a ser validado. A preservação e envio de amostras serão validadas quando as cadeias de custódia e o check-list de recebimento de amostras são apresentadas devidamente assinadas pelo laboratório utilizado para as análises químicas das amostras. Os procedimentos de preservação e envio de amostras a serem priorizados são apresentados na Seção 0.

Quando as cadeias de custódia e o check-list de recebimento de amostras não estiverem disponíveis, com o objetivo de não descartar nenhum dado disponível para a área alvo em estudo, será feito contato com a equipe responsável pela produção dos dados para verificar a documentação disponível que comprove a validação dos procedimentos de preservação e envio de amostras.

4. Laboratórios

Para validação deste item, a acreditação do laboratório utilizado para análises químicas e seu respectivo escopo de acreditação serão avaliadas, tendo como referência a ABNT NBR ISO 17.025:2017. Essa avaliação visa garantir que o laboratório utilizado possui escopo de acreditação para análises química de todas as substâncias químicas a serem analisadas em todas as matrizes ambientais amostradas.

Caso as análises químicas tenham sido realizadas em laboratórios de universidade e trabalhos acadêmicos, que podem não possuir acreditação segundo a ABNT NBR ISO 17.025:2017, os procedimentos de controle de qualidade desses laboratórios serão avaliados caso a caso.

5. Procedimentos Laboratoriais

A validação desse item será feita com base nos métodos analíticos utilizados para a determinação das concentrações das substâncias químicas a serem analisadas, bem como os métodos de preparação das amostras. Será garantido que os métodos analíticos utilizados pelos diferentes conjuntos de dados são comparáveis, incluindo a verificação de ensaios de recuperação, quando disponíveis.

Adicionalmente, serão avaliados os limites de quantificação e detecção dos métodos analíticos utilizados, garantindo-se que: os limites de quantificação da amostra (LQ) são inferiores aos valores de referência regulatórios aplicáveis à matriz ambiental; os limites de detecção (LD) sejam disponibilizados sempre que disponíveis; na ocorrência de resultados inferiores ao LQ, ou seja, quando a concentração de um determinado composto não pôde ser determinada com o nível de confiança máximo do método analítico, seja reportado se houve ou não detecção do composto.

A partir da aplicação dos itens 1 a 5 descritos acima, será obtido um conjunto de dados compilados, que podem ser utilizados para caracterização ambiental das matrizes ambientais pertinentes, relacionadas ao modelo conceitual ambiental específico da área alvo em estudo.

Tendo como base esse conjunto de dados compilados, serão avaliadas as seguintes questões:

- a. Se existem dados disponíveis para todas as matrizes ambientais que fazem parte do modelo conceitual específico da área alvo em estudo;
- b. Se, dentro dos limites da área alvo em estudo, existem dados disponíveis para áreas consideradas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão e também para áreas consideradas não impactadas pelo rompimento;

c. Se, dentro dos limites da área alvo em estudo, existem dados disponíveis que representam níveis de concentrações basais para a área alvo em estudo;

d. Se os dados disponíveis são adequados para a utilização em estudos de avaliação de risco à saúde humana e ecológico;

e. Se os dados disponíveis são suficientes em termos de representatividade para cada matriz ambiental que faz parte do modelo conceitual ambiental específico. A suficiência de dados será analisada conforme a avaliação de representatividade estatística e geoestatística apresentada na Seção 3.2.2.

Avaliadas essas questões, serão definidos dois produtos principais da avaliação e validação dos dados ambientais disponíveis:

- Um conjunto de dados validados para estudos de avaliação de risco à saúde humana e ecológico;
- Um Plano de Investigação GeoAmbiental, a ser definido a partir da necessidade de se obterem dados para a área alvo em estudo. O Plano de Investigação será elaborado conforme as necessidades de cada área alvo, definidas a partir da avaliação das questões "a" a "e" apresentadas acima, visando complementar as lacunas identificadas. Por exemplo, a investigação poderá ser focada em: matrizes ambientais específicas para as quais não existem dados disponíveis; coleta de dados em regiões específicas dentro da área alvo em estudo; garantir a representatividade dos dados disponíveis; ou uma combinação de diversas lacunas.

3.1.3.2 Dados do Meio Físico

Para validação dos dados do meio físico disponíveis será conduzida de forma a gerar uma base de dados dos compartimentos de interesse a serem investigados na FASE II do GAISMA, caso necessário, e utilizados na FASE III.

Os parâmetros do meio físico a serem avaliados e validados devem estar relacionados às características geológicas, hidrogeológicas e hidrológicas que podem influenciar o comportamento e o transporte do contaminante no meio físico.

Neste contexto será avaliado:

- a) **Solo e rocha** - A descrição pedológica e litológica da área deve seguir o descrito na ABNT NBR 15492 (Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento), bem como estar adequada para

possibilitar a caracterização do comportamento dos contaminantes no meio físico, sendo necessário, para tanto:

- verificar se o número e a distribuição das sondagens realizadas são adequados;
- verificar se a descrição das sondagens ambientais foi feita pela identificação de extratos diferenciados ao longo do perfil de sondagem identificando o que é solo natural e lama de rejeitos.
- Verificar se para cada extrato descrito acima foi obtida amostra representativa para análise textural.
- verificar se as amostras de solo subsuperficial destinadas a análise química obtidas em um determinado perfil de sondagem, foram coletadas para cada extrato descrito no perfil de sondagem.
- verificar se as profundidades alcançadas pelas sondagens ultrapassaram a espessura local da lama de rejeito, quando esta ocorrer, e se a descrição do material amostrado foi realizada adequadamente;
- verificar a consistência da interpretação dos dados geofísicos, quando disponíveis;
- verificar se na interpretação da geologia local foram levadas em consideração as características geológicas regionais;
- verificar se na interpretação da geoquímica local foram levadas em consideração as características geoquímicas regionais;
- verificar a qualidade e consistência dos dados provenientes das determinações realizadas para cada uma das camadas representativas para a caracterização do solo e rocha sã (quando aplicável), tais como granulometria, pH, potencial redox, fração de carbono orgânico, capacidade de troca catiônica (CTC), densidade aparente, umidade, permeabilidade, porosidade total e efetiva.

b) **aqüífero** - A caracterização hidrogeológica da área alvo em estudo deve ser avaliada visando o entendimento do comportamento dos contaminantes, sendo necessário, para tanto, verificar:

- a instalação dos poços de monitoramento, conforme a ABNT NBR 15495-1 e 15495-2 (Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares).
- a classificação do aquífero, conforme a Resolução Conama 396/2008 e suas futuras revisões;
- verificar se na interpretação da hidroquímica local foram levadas em consideração as características hidroquímica regionais;
- Quando disponível, se o mapa potenciométrico foi elaborado adequadamente, considerando o número de pontos de medição de nível d'água, a data de medição e o nivelamento dos poços;
- Quando disponível, se a geometria das linhas equipotenciais é consistente com a geologia e o relevo locais e se possibilita a identificação de áreas de recarga ou descarga eventualmente existentes ao longo da seção do rio compreendida na Área Alvo em estudo;
- Quando disponível, se o sentido de fluxo das águas subterrâneas é consistente, considerando a potencimetria;
- se a taxa de infiltração/recarga, porosidade efetiva, condutividade hidráulica, carga hidráulica, espessura saturada, gradiente hidráulico foram determinados ou se foram estimados. Em caso de estimativa, verificar a adequação dos mesmos para o uso pretendido e a fonte de dados, caso contrário, verificar se a quantidade de dados é suficiente e identificar se a metodologia utilizada para as determinações foi a adequada;
- a existência de aquíferos profundos, suas características e utilização, em caso de aquíferos confinados e semi-confinados, verificando a possibilidade de estarem conectados com o aquífero livre;
- a existência de aquitardes, aquicludes e aquíferos suspensos, estabelecendo a conexão entre os mesmos;
- a existência e localização de poços de captação de água subterrânea, suas características construtivas, dados de produção, dados de teste de bombeamento, informações sobre zona de captura, bem como a geologia a eles associada;

- se foram realizadas determinações de granulometria, pH, potencial redox, carga hidráulica, condutividade hidráulica, espessura saturada, gradiente hidráulico e porosidade efetiva, e caso necessário a fração de carbono orgânico.
- c) **águas superficiais** – Para os corpos d’água encontrados na área alvo em estudo, será necessário verificar:
- o enquadramento, conforme a Resolução Conama 357/2005, e suas futuras revisões;
 - o sentido de escoamento e sua relação com o sistema de drenagens regional;
 - a vazão do corpo d’água (preferencialmente a $Q_{7,10}$ - vazão mínima de 7 dias seguidos em um período de recorrência de 10 anos), para o caso de rios;
 - sua perenidade e a vazão de recarga ou descarga associada ao aquífero local, caso necessário;
 - a largura e a profundidade do corpo d’água, caso necessário;
 - as variações de maré, quando aplicável;
 - os resultados de determinações realizadas, tais como pH, condutividade elétrica, potencial redox, oxigênio dissolvido, temperatura, sólidos totais em suspensão e dissolvidos.
- d) **ar** - As características do compartimento ar e do clima da área de interesse devem ser avaliadas visando o entendimento do comportamento dos contaminantes, sendo necessário verificar:
- a velocidade média, a direção e o sentido predominante dos ventos;
 - se a rosa dos ventos foi apresentada;
 - a temperatura média do ar;
 - a umidade relativa do ar;
 - a pressão atmosférica;
 - a taxa de precipitação média anual, a taxa de infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial;

- as variações sazonais associadas ao ciclo hidrológico;
- a morfologia da área de interesse.

3.1.3.3 Conclusões da avaliação e validação dos dados disponíveis

Avaliadas essas questões, serão definidos dois produtos principais da avaliação e validação dos dados ambientais disponíveis:

- Um conjunto de dados validados para estudos de avaliação de risco à saúde humana e ecológico;
- Um Plano de Investigação GeoAmbiental, a ser definido a partir da necessidade de se obterem dados para a área alvo em estudo. O Plano de Investigação será elaborado conforme as necessidades de cada área alvo, definidas a partir da avaliação das questões "a" a "d" apresentadas acima, visando complementar as lacunas identificadas. Por exemplo, a investigação poderá ser focada em: matrizes ambientais específicas para as quais não existem dados disponíveis; coleta de dados em regiões específicas dentro da área alvo em estudo; garantir a representatividade dos dados disponíveis; ou uma combinação de diversas lacunas.

3.1.4 PRODUTOS FASE I

Todas as etapas da FASE I serão descritas em um relatório. Os principais produtos dessa fase são:

- Identificação, descrição e classificação das preocupações da comunidade (Ver Seção 3.1.4);
- Modelo conceitual ambiental Específico da área alvo em estudo (Ver Seção 3.1.5);
- Conjunto de dados validados para uso em ARSH, quando aplicável;
- Plano de Investigação GeoAmbiental, quando aplicável.

3.1.4.1 Produto: Conjunto de dados validados para uso em ARSH e ARE

O conjunto de dados validados para a área alvo em estudo será utilizado para a condução da etapa de Análise Exploratória de Dados da Fase II da GAISMA (Ver Seção 3.2.2), quando necessária a realização dessa etapa.

Caso a análise de suficiência dos dados existentes indique que é necessária a obtenção de dados para a área alvo em estudo, será executado o Plano de Investigação GeoAmbiental como etapa inicial da FASE II da GAISMA.

3.1.4.2 Produto: Plano de Investigação GeoAmbiental

O Plano de Investigação GeoAmbiental será elaborado com base na avaliação de suficiência de dados (Letra e da Seção 3.1.6 deste documento).

A premissa de elaboração do plano de investigação é complementar a representatividade do conjunto de dados disponíveis para a área alvo em estudo, considerando as necessidades de representatividade de cada matriz ambiental. A seleção dos pontos de coleta de amostras para cada matriz ambiental terá como base a avaliação estatística e geoestatística de representatividade, conforme definido Seção 3.2.2. Os pontos de coleta de amostras selecionados para a complementação do conjunto de dados deverão ser identificados com nomenclatura única, em mapas, com as respectivas coordenadas geográficas, incluindo as informações mínimas para georreferenciamento (ex.: notação; zona UTM).

O Plano de Investigação GeoAmbiental deverá contemplar métodos padronizados de coleta de amostras ambientais e de compartimentos do meio físico, conforme descrito a seguir:

[1] SOLO SUPERFICIAL

A sondagem deverá ser executada de acordo com ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – procedimento.

O material perfurado deverá ser descrito em toda a extensão perfurada, de acordo com o Anexo A (normativo) – Litografia do Perfil de Sondagem da ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - procedimento.

Após a retirada da amostra coletada em recipiente plástico descartável (liner), deve ser usada uma ferramenta de corte para a confecção de uma abertura longitudinal no mesmo que permita identificar visualmente qual(is) a(s) porção(ões) do liner são mais apropriada(s) para a coleta de amostras de solo para envio para análises químicas de interesse (NBR 16434:2015).

[2] SOLO SUBSUPERFICIAL

A sondagem deverá ser executada de acordo com ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – procedimento.

O material perfurado deverá ser descrito em toda a extensão perfurada, de acordo com o Anexo A (normativo) – Litografia do Perfil de

Sondagem da ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - procedimento.

Após a retirada da amostra coletada em recipiente plástico descartável (liner), deve ser usada uma ferramenta de corte para a confecção de uma abertura longitudinal no mesmo que permita identificar visualmente qual(is) a(s) porção(ões) do liner são mais apropriada(s) para a coleta de amostras de solo para envio para análises químicas de interesse (NBR 16434:2015).

[3]SEDIMENTO SUPERFICIAL

Preferencialmente a coleta de sedimentos deverá ser realizada nas margens dos rios (Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas, 2011).

Nos pontos selecionados com base no critério descrito acima, tubos de PVC (1,5") de 5 cm de comprimento serão totalmente enterrados, em sentido vertical, nos sedimentos. A parte superior do tubo enterrado, faceando a superfície do sedimento, é, então, fechada com caps plástico de pvc (1,5").

[4]SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL

Preferencialmente a coleta de sedimentos deverá ser realizada nas margens dos rios (Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas, 2011).

Nos pontos selecionados com base no critério descrito acima, tubos de PVC (1,5") de 5 cm de comprimento serão totalmente enterrados, em sentido vertical, nos sedimentos. A parte superior do tubo enterrado, faceando a superfície do sedimento, é, então, fechada com caps plástico de pvc (1,5").

O material perfurado deverá ser descrito em toda a extensão perfurada, de acordo com o Anexo A (normativo) – Litografia do Perfil de Sondagem da ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - procedimento.

Após a retirada da amostra coletada em recipiente plástico descartável (liner), deve ser usada uma ferramenta de corte para a confecção de uma abertura longitudinal no mesmo que permita identificar visualmente qual(is) a(s) porção(ões) do liner são mais apropriada(s) para a coleta de amostras de solo para envio para análises químicas de interesse (NBR 16434:2015).

[5] ÁGUA SUBTERRÂNEA

Amostragem de água subterrânea deverá ser realizada por baixa vazão, seguindo diretrizes da norma ABNT NBR 15847:2010 - Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga, de 21 de julho de 2010, complementando o procedimento pode ser usada a Norma ASTM D 6634-01.

[6] ÁGUA DE ABASTECIMENTO

A coleta de amostras de água para consumo humano será realizada em residências das localidades de interesse para o estudo. Deverão ser utilizados os procedimentos descritos no "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras" da ANA (2011), que estão alinhados com a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (MS, 2016).

Nos pontos de coleta deverão ser coletadas amostras em quantidade de 500 mililitros diretamente para frasco de vidro âmbar, previamente limpos, fechadas com tampas rosqueadas de poliestireno revestidas com Teflon®, sem deixar espaços vazios.

É importante fixar o ponto de amostragem antes das caixas d'água das residências e antes da tubulação das mesmas, para evitar interferências relacionadas a manutenção, idade e limpeza da tubulação e caixas d'água particulares, o que pode introduzir um falso positivo e alterar os resultados analíticos.

[7] ÁGUA SUPERFICIAL

A amostragem de água superficial em rios deverá seguir os procedimentos apresentados no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras da Agência Nacional de Águas (2011), bem como as normas ABNT NBR 9.897:1987 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, e ABNT NBR 9.898:1987 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. No caso de amostras que não podem sofrer aeração, a garrafa de Van Dorn de fluxo horizontal deverá ser empregada.

[8] POEIRA DOMICILIAR

A coleta de amostras de poeira domiciliar deverá seguir os métodos apresentados na normativa definida pela *American Society for Testing and Materials International* (ASTM International) em seu procedimento D7144

[9]ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL

A coleta de amostras de alimentos de origem animal, com exceção de peixes, será realizada junto aos pequenos produtores da área alvo em estudo e em localidades onde houver criação de animais. Os procedimentos de coleta serão procedimentos específicos de cada tipo de alimento de origem animal.

Os peixes deverão ser coletados utilizando-se redes de espera, tarrafa e peneira. Os espécimes capturados serão acondicionados em gelo e, após imobilização do animal, serão fixados com solução de formalina 10% para posterior conservação em álcool 70%. Nos pontos de coleta de peixes, será monitorada na superfície da coluna d'água as variáveis limnológicas como pH, temperatura, potencial oxi-redução (ORP), oxigênio dissolvido (OD), utilizando-se sondas multiparamétricas digitais. Também deverá ser medida a profundidade na área da coleta com um equipamento do tipo PIU com fita graduada. O material coletado deverá ser identificado através de bibliografias especializadas, tais como os trabalhos de Fowler (1941, 1951), Lucena (2003), Malabarba (2004), Piorski et al. (1998), Reagan (1904, 1911), Reis (1989) e Vari (1989a, 1989b). A situação taxonômica atual das espécies identificadas será verificada através do site do projeto FISHBASE (www.fishbase.org) mantido pela FAO. Além disso, será feito um registro fotográfico de cada espécie. Deverá ser realizada a análise morfológica e análise qualitativa e quantitativa dos indivíduos por espécie com medições de tamanho com fita métrica. Os indivíduos coletados devem obedecer ao intervalo de tamanho padrão estabelecido para a espécie. A dissecação dos exemplares de peixes deverá ser realizada com instrumentos como bisturi, tesoura, faca, táboa, bandejas em área reservada. Primeiramente deverá ser coletado um "bloco" de músculo da região dorsal, imediatamente após a nadadeira dorsal, com medida aproximada de 2 x 2 cm, sem que haja a remoção da pele ou de escamas. A quantidade de amostra biológica de tecido de peixe dissecado deverá ser de até 200 g. Em seguida será coletado o fígado inteiro do animal, sendo extraído pela barriga, com corte longitudinal. O armazenamento das amostras deverá ser feito enrolando as amostras em papel alumínio (pré-lavado) e armazenando-as em sacos plásticos fechados hermeticamente. Somente as amostras para compostos orgânicos serão enroladas com papel alumínio. Amostras para análise química de mateais não serão armazenadas em papel alumínio, e sim, diretamente nos sacos plásticos hermeticamente fechados. Os espécimes capturados deverão ser acondicionados em gelo e serão fixados com solução de formalina 10% para posterior conservação em álcool 70%.

A coleta de amostras de vegetais será realizada junto aos pequenos produtores da área alvo em estudo, em localidades onde houver plantio de espécies mais consumidas pela população e em regiões utilizadas para agricultura extensiva. Após a coleta as amostras serão meticulosamente lavadas com água destilada e deionizada para limpeza total de poeira ou da terra, e secados com papel toalha. Após a lavagem e secagem, as amostras de vegetais serão embaladas em saco plástico com zip. Para garantia de representatividade destas amostras, uma amostra a ser enviada para análise química será composta por no mínimo três amostras da mesma espécie vegetal por local de amostragem.

[10] INSTALAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO

A sondagem deverá ser executada de acordo com ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – procedimento.

O material perfurado deverá ser descrito em toda a extensão perfurada, de acordo com o Anexo A (normativo) – Litografia do Perfil de Sondagem da ABNT NBR 15.492:2015 - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - procedimento.

Após a retirada da amostra coletada em recipiente plástico descartável (liner), deve ser usada uma ferramenta de corte para a confecção de uma abertura longitudinal no mesmo que permita identificar visualmente qual(is) a(s) porção(ões) do liner são mais apropriada(s) para a coleta de amostras de solo para envio para análises químicas de interesse (NBR 16434:2015).

Os poços de monitoramento deverão ser instalados conforme ABNT/NBR 15.495-1: 2007 - "Poços de Monitoramento de Água Subterrânea em Aquíferos Granulares. Parte 2: Desenvolvimento".

Serão abordados os procedimentos de controle e garantia de qualidade da amostragem descritos nas seguintes referências:

- [1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015). NBR 16.435. Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT;

- [2] Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidas da Agência Nacional das águas – ANA e CETESB (2012).
- [3] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005). NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT.
- [4] CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2011). Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras - Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. Companhia Ambiental Do Estado de São Paulo, 326p.
- [5] NIT DICLA-057 (INMETRO - CRITÉRIOS PARA ACREDITAÇÃO DA AMOSTRAGEM DE ÁGUAS E MATRIZES AMBIENTAIS
- [6] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987b). NBR 9898. Preservação e técnicas de amostragem de afluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.

Serão previstas a coleta de amostras de brancos de campo, brancos de equipamento, amostras duplicatas e brancos de viagem (quando aplicáveis). O Plano de Investigação GeoAmbiental deverá incluir os procedimentos de validação dos resultados dessas amostras de controle e garantia da qualidade, a serem aplicados no desenvolvimento da FASE II da GAISMA.

O Plano de Investigação GeoAmbiental irá contemplar os métodos de preservação e envio de amostras necessários para cada matriz ambiental. O envio e preservação das amostras será documentado através de cadeias de custódia e check-list de recebimento de amostras, que deverão ser devidamente assinadas pelos responsáveis pela coleta, envio e pelo recebimento das amostras nos laboratórios.

Os laboratórios a serem utilizados para as análises laboratoriais previstas no Plano de Investigação GeoAmbiental serão devidamente acreditados junto ao INMETRO, seguindo a norma ABNT NBR ISO 17.025:2017. A acreditação do laboratório deve garantir escopo de acreditação para análise química de todas as substâncias químicas a serem analisadas em todas as matrizes ambientais amostradas.

Os métodos analíticos a serem utilizados irão garantir os limites de quantificação e detecção coerentes ao valor de referência regulatório para todas as substâncias químicas de interesse em todas as matrizes ambientais amostradas.

O Plano de Investigação irá prever testes de biodisponibilidade e especiação para determinadas substâncias químicas, a serem definidas pelo MCA específico. As amostras coletadas para execução dos testes supramencionados ficarão armazenadas adequadamente no laboratório aguardando os resultados analíticos laboratoriais. Somente para os pontos amostrados que apresentaram concentrações acima do Padrões Legais Aplicáveis serão executados estes os testes de biodisponibilidade e especiação.

O Plano de Investigação irá prever a elaboração de relatório fotográfico, que documente e evidencie a aplicação de todos os procedimentos definidos no Plano.

3.1.5 DEVOLUTIVA À COMUNIDADE

A devolutiva à comunidade com os resultados da FASE I somente acontecerá após aprovação do Relatório FASE I pelos órgãos públicos estaduais de meio ambiente e saúde. Esta devolutiva representa parte da etapa de socialização das informações, conforme descrito na Seção 4.3 das Diretrizes do MS.

Reunião Geral – Devolutiva Fase I:

- Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA, Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente, especialistas indicados pelas Secretarias Estaduais e/ou Câmaras Técnicas, e representantes das comunidades das áreas alvo;
 - Quando: É a primeira devolutiva de resultado da GAISMA para comunidade. Deve ser realizada antes do início da FASE II;
 - Objetivos:
 - i. Apresentar os resultados da FASE I: Levantamento das preocupações da comunidade; Modelo Conceitual Ambiental específico; Conjunto de dados validados para a área; e Plano de Investigação GeoAmbiental, quando aplicável;
 - ii. Divulgação das datas de realização da FASE II e convite para participação das comunidades no acompanhamento do Plano de Investigação GeoAmbiental, quando aplicável.

3.2 FASE II – INVESTIGAÇÃO GEOAMBIENTAL, VALIDAÇÃO DE DADOS E SELEÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS DE INTERESSE

A etapa de Investigação GeoAmbiental, validação de dados e seleção de substâncias químicas de interesse (FASE II) tem por objetivo executar o Plano de Investigação GeoAmbiental, validação do conjunto de dados com vistas à ARSH e ARE (incluindo o conjunto de dados validados na FASE I e os dados obtidos com a

execução do plano), bem como identificar as substâncias químicas de interesse que serão avaliadas na FASE III, para cada área alvo.

Neste contexto, deverão ser:

[1] Obtidos dados detalhados sobre cada compartimento do meio físico e ambiental definidos como de interesse no MCA, bem como estabelecer a correlação com aspectos regionais para definição dos níveis de concentrações basais;

[2] Caracterizados espacialmente os impactos ambientais associados ao rompimento da barragem de Fundão identificados nestes compartimentos e em Pontos de Exposição (POE) Humana e Ecológica.

A FASE II será desenvolvida considerando o levantamento espacial de dados para fundamentar a análise estatística da distribuição das concentrações das substâncias químicas na Região de Exposição Direta (RED), Região de Exposição Indireta (REI) e Região de não Exposição (RNE), bem como o estabelecimento do nexos causal com foco na exposição humana e ambiental.

A Figura 3.2-1 apresenta o fluxograma da etapa da FASE II da GAISMA. A execução dessas etapas é discutida nos itens a seguir.

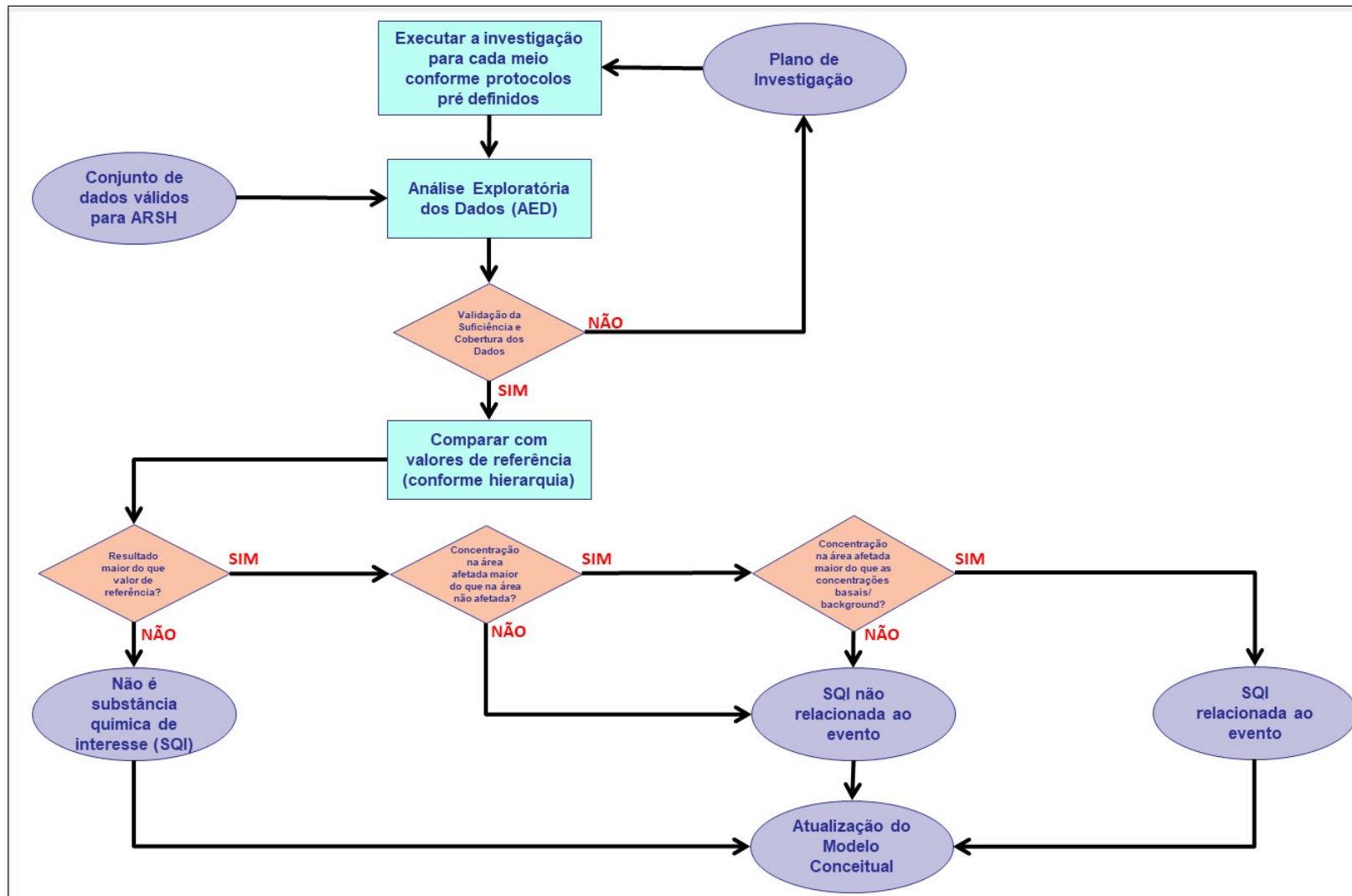


Figura 3.2-1: Fluxograma - FASE II - GAISMA.

3.2.1 EXECUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL

O modelo conceitual ambiental (MCA) específico desenvolvido na FASE I será a base para definição da estratégia de investigação, descrita no Plano de Investigação GeoAmbiental, sendo que serão avaliados, a depender das características de cada AA, o sedimento (superficial e subsuperficial), solo (superficial e subsuperficial), poeira domiciliar, água (subterrânea e superficial), água para consumo humano, alimentos de origem animal (leite, ovos, peixes, outros organismos aquáticos, carne bovina, suína e aves) e alimentos de origem vegetal (foliáceas, tuberosas e frutas); e, dados relativos à fauna e flora. Essa etapa servirá de base para o desenvolvimento do modelo conceitual detalhado (MCD) específico da área alvo em estudo.

Os protocolos e metodologias para aquisição dos dados para os compartimentos supramencionados serão descritos no Plano de Investigação GeoAmbiental, conforme Seção 3.1.4.2.

3.2.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS (AED)

A partir dos resultados de análises químicas para cada área alvo, considerando as regiões de exposição (RED, REI e RNE), será realizado o tratamento estatístico e geoestatístico para a definição de tendências e correlações espaciais das concentrações detectadas, com o objetivo de definir a suficiência de dados, bem como as substâncias química de interesse a serem avaliadas na FASE III.

Inicialmente, o tratamento estatístico irá gerar gráficos do tipo boxplot para cada substância química analisada nas matrizes ambientais investigadas. Posterior à geração desses gráficos, serão realizadas análises comparativas via gráficos de dispersão entre as substâncias químicas. Adicionalmente à essa análise comparativa, deverá ser estabelecida uma linha de tendência que indicará a correlação química entre as regiões de exposição da área alvo em estudo.

Para a análise exploratória de dados serão consideradas separadamente:

- As matrizes que apresentam continuidade espacial, como solo, água subterrânea e poeira domiciliar⁴;
- As matrizes que não apresentam continuidade espacial, como sedimento, água superficial, água para consumo humano e alimentos.

⁴ Para poeira domiciliar será feita uma análise de indicação de tendência espacial, para avaliar a continuidade espacial dos resultados.

Matrizes sem continuidade espacial

Para matrizes sem continuidade espacial a verificação da suficiência dos dados coletados é feita de maneira estatística tomando-se como referência a fórmula indicada para dimensionamento de planos amostrais da *United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA)*, "Methods for "Evaluating the Attainment of Cleanup Standards" (USEPA, 1989).

Serão feitos testes de hipóteses de médias, nos quais se objetiva, inicialmente, definir se o número de dados disponível para uma determinada substância química é suficiente para determinar a contaminação ou não de uma matriz ambiental. Esse teste parte da hipótese de distribuição normal para as concentrações médias amostrais.

Será utilizada a **Equação 1**, a seguir:

$$n = \hat{\sigma}^2 \left(\frac{Z_{1-\alpha} + Z_{1-\beta}}{C_s - \mu_1} \right)^2 + 0.5(Z_{1-\alpha})^2 \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

n= número de amostras a serem obtidas por região;

σ^2 = variância dos dados;

$Z_{1-\alpha}$, $Z_{1-\beta}$ = valores da distribuição normal para os erros "falso positivo" e "falso negativo", respectivamente;

C_s = padrão legal aplicável (PLA) da substância química;

μ_1 = valor de concentração média da substância química a partir do qual a região pode ser considerada "não contaminada".

O erro tipo I ocorre ao afirmar, a partir do teste estatístico, que uma região não está contaminada quando de fato ela está. O valor adotado nas análises para α é 5%, indicando que, ao afirmar que uma área não está contaminada, a probabilidade de a afirmação estar errada é de 5%. Esse valor também pode ser encontrado na literatura como "significância" e seu complementar, $(1- \alpha)$, é a chamada "confiança".

O erro tipo II ocorre ao se afirmar que uma região está contaminada quando de fato ela não está. Esse tipo de erro para as análises de contaminação de solos é um erro a favor da segurança das análises, ou seja, ao ocorrer, ele fornece uma abordagem mais conservadora por considerar uma maior área contaminada do que a efetiva, seu valor usual pode ser encontrado na literatura em torno de 10 a

30%, de duas a seis vezes maior que o erro usual adotado para o erro tipo I. O valor de β adotado para o estudo é de 20%. O nome dado ao complementar do erro tipo II, $(1-\beta)$, é "poder". Os testes de hipóteses de médias que serão realizados, portanto, apresentam confiança de 95% e poder de 80%, conseqüentemente levando a erros tipo I e tipo II de, respectivamente, 5% e 20%.

Matrizes com continuidade espacial

Para matrizes com continuidade espacial, a suficiência dos dados coletados envolve não somente a quantidade, mas também a localização dos pontos. Dessa forma, a suficiência dos dados não está dissociada da cobertura da área. Nesse sentido, adotam-se procedimentos geoestatísticos de análise para validação de suficiência e cobertura.

Por meio do método de Krigagem Ordinária pode-se obter uma estimativa da correlação espacial entre as respostas dos diversos pontos coletados em diferentes direções do espaço e também definir o nível de ruído associado à região (mudanças aleatórias independentes do espaço). Tais correlações são definidas a partir de semivariogramas para o caso geoestatístico, como indicado esquematicamente pela Figura 3.2-2.

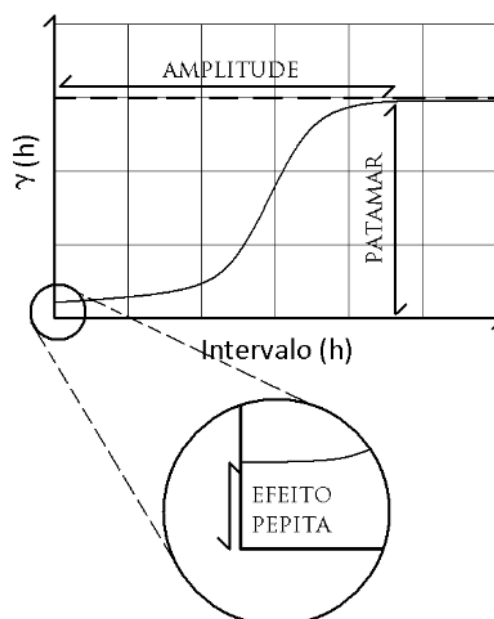


Figura 3.2-2: Parâmetros patamar, amplitude e efeito pepita na adequação de um modelo a um variograma. Fonte: Correia (2010)

A partir do uso desse método, pode-se determinar a direção que sugere a maior correlação espacial. Ao considerar a anisotropia das respostas na direção de maior correlação, podem ser gerados elipsoides (3D) ou elipses (2D) cujo semieixo maior esteja alinhado com essa direção.

A Figura 3.2-3 indica uma elipse cuja direção de maior correlação espacial é paralela a "B".

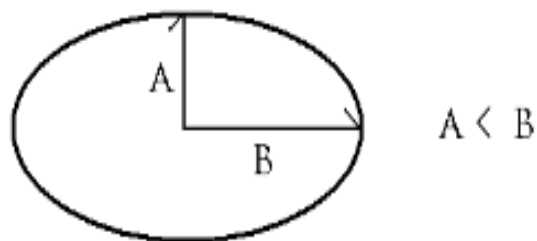


Figura 3.2-3: Elipse de um caso anisotrópico. Fonte: Correia (2010).

As informações obtidas pela aplicação do método acima serão utilizadas para o desenvolvimento do mapa de quantil.

Para complementar as informações fornecidas pelo mapa de Quantil, analisa-se o Mapa de Incerteza, evidenciando regiões com grau elevado de incerteza, assim como regiões com baixo grau de incerteza. Adicionalmente devem ser sobrepostos à área as elipses anisotrópicas com os pontos amostrais complementares propostos. Em caso de boa cobertura nas regiões de interesse para análise, tomam-se como validadas e suficientes as amostras coletadas.

3.2.3 SELEÇÃO DE SQIS

Uma Substância Química de Interesse (SQI) em estudos de ARSH e ARE é aquela substância química quantificada acima de seu padrão legal aplicável. Para a GAISMA a seleção das substâncias químicas de interesse deverá seguir as seguintes etapas:

- Comparação com o padrão legal aplicável;
- Comparação com os níveis encontrados em regiões não impactadas (loais de referência);
- Comparação com os níveis de concentrações basais.

3.2.3.1 **Comparação com Padrão Legal Aplicável**

A seguir são apresentados os padrões legais a serem utilizados para cada matriz ambiental:

[1] SOLO SUPERFICIAL

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a área alvo em estudo, ser utilizado o Valor de Investigação (VI) previsto no CONAMA 420, adequado ao uso do solo definido no MCA específico. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados no CONAMA 420, a última atualização dos Regional screening Levels (RSLs), desenvolvidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA).

[2] SOLO SUBSUPERFICIAL

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a área alvo em estudo, ser utilizado o Valor de Investigação (VI) previsto no CONAMA 420, adequado ao uso do solo definido no MCA específico. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados no CONAMA 420, a última atualização dos Regional screening Levels (RSLs), desenvolvidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA).

[3] SEDIMENTO SUPERFICIAL

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá ser utilizada a Resolução CONAMA nº 454, de 1º de novembro de 2012, a qual estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados no CONAMA 454, a última atualização do Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance (USEPA, 2018) será utilizada.

[4] SEDIMENTO SUBSUPERFICIAL

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá ser utilizada a Resolução CONAMA nº 454, de 1º de novembro de 2012, a qual estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados no CONAMA 454, a última atualização do Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance (USEPA, 2018) será utilizada.

[5] ÁGUA SUBTERRÂNEA

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá ser utilizada a Resolução CONAMA nº 396 de 2008, conforme o uso da água subterrânea definido no MCA específico. Caso a água subterrânea seja utilizada para consumo humano (ex.: proveniente de nascentes, poços caçimba) serão utilizados os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 05 do Ministério da Saúde e suas atualizações.

[6] ÁGUA DE ABASTECIMENTO

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) serão utilizados os padrões de potabilidade estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 05 do Ministério da Saúde e suas atualizações.

[7]ÁGUA SUPERFICIAL

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverão ser utilizados os padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e suas atualizações.

[8]POEIRA DOMICILIAR

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a área alvo em estudo, ser utilizado o Valor de Investigação (VI) previsto no CONAMA 420, adequado ao uso do solo definido no MCA específico. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados no CONAMA 420, a última atualização dos Regional screening Levels (RSLs), desenvolvidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA) será utilizada.

[9]ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL

Como valor de corte para seleção das Substâncias Químicas de Interesse (SQI) deverá, na ausência de lista específica para o Estado no qual se encontra a área alvo em estudo, ser utilizado a RDC nº 42/2013 da Anvisa. Para substâncias químicas de interesse ou meios não contemplados na RDC nº 42/2013, serão utilizados os valores definidos pelo Codex Alimentarius.

3.2.3.2 Comparação de Concentrações em Áreas Afetadas e Não Afetadas

Esta etapa será realizada para as substâncias químicas de interesse, selecionadas na etapa anterior (Seção 3.2.3.1).

Para a comparação das concentrações detectadas em áreas afetadas e não afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão serão realizados os seguintes passos:

1. Resumo Estatístico dos Dados

Nesse item serão apresentadas as seguintes informações, por substância química de interesse para cada matriz ambiental do MCA específico: número de amostras coletadas por região de exposição (RED, REI e RNE); concentração mínima; concentração máxima; concentração média; e, desvio padrão.

Em seguida, serão identificadas as substâncias químicas de interesse cujas concentrações médias na região de exposição direta (RED) são maiores que as concentrações médias na região de não-exposição (RNE).

2. Análise de Variância (ANOVA)

Nesse item será conduzida análise de variância (ANOVA) de um fator (F), com o objetivo de avaliar se a região de exposição é um fator significativo para

explicar a ocorrência das concentrações detectadas. A análise ANOVA será realizada para as substâncias químicas de interesse que foram identificadas ao final da execução do item 1 acima, para cada matriz ambiental.

A região de exposição será considerada um fator significativo por essa análise se o nível de significância obtido for menor que 0,05, adotado como convenção.

Os passos acima visam responder à pergunta: a concentração da substância química de interesse na área afetada é maior do que na área não afetada?

Caso a resposta a essa pergunta seja positiva, as concentrações da substância química de interesse detectadas na área afetada serão comparadas com os níveis de concentração basais, conforme Seção 3.2.3.3 deste documento.

Caso a resposta a essa pergunta seja negativa, a substância química de interesse será classificada como não relacionada ao evento.

3.2.3.3 Comparação de Concentrações na Área Afetada com Níveis de Concentração Basais

Esta etapa será realizada para as substâncias químicas de interesse, selecionadas na etapa anterior (Seção 3.2.3.2).

As concentrações detectadas das substâncias químicas acima dos valores de referência regulatórios e cujos resultados da análise ANOVA indicam que a região de exposição é um fator significativo para explicar a ocorrência das concentrações serão comparadas com os níveis de concentrações basais obtidos para cada área de estudo, para cada matriz ambiental, quando disponíveis.

De forma geral, os níveis de concentrações basais serão obtidos de estudos de caracterização ambiental realizados na área alvo em estudo antes do evento de rompimento. Os níveis de concentração basal também serão definidos conforme descrito no "Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R-92/003). PART B. Developing Chemical-Specific Preliminary Remediation Goals Based on Protection of Human Health".

Para as matrizes ambientais solo e sedimento, também poderão ser utilizadas como níveis de concentração basal concentrações obtidas de amostras coletadas em estratos inferiores ao material depositado pelo evento, que são referentes à condições pré-existentes no local de coleta.

Quando a concentração da substância química de interesse detectada na área afetada for maior que o nível de concentração basal, a substância química de interesse será classificada como substância relacionada ao evento. Por outro lado, quando a concentração da substância química de interesse detectada na área

afetada for menor que o nível de concentração basal, ela será classificada como substância não relacionada ao evento.

3.2.4 PRODUTOS DA FASE II

Todas as etapas da Fase II serão descritas em um relatório. Os principais produtos dessa fase são:

- Conjunto de dados válidos e suficientes para a área alvo em estudo;
- Substâncias químicas de interesse para a área alvo em estudo;
- Modelo Conceitual Detalhado específico para a área alvo em estudo.

3.2.4.1 Produto: Conjunto de dados válidos e suficientes

O conjunto de dados válidos e suficientes para a área alvo em estudo será utilizado para a condução da FASE III da GAISMA (Ver seção 3.3).

3.2.4.2 Produto: Substâncias químicas de interesse

As conclusões da seleção de substâncias químicas de interesse serão resumidas em uma lista que divida, para cada matriz ambiental, os compostos químicos avaliados em:

- Composto que não é substância química de interesse: para os compostos químicos cujas concentrações não excederam os valores de referência regulatórios;
- Substância química de interesse relacionada ao rompimento da barragem de Fundão: quando a concentração do composto em um dado compartimento ambiental for maior na área afetada do que na área não afetada e maior do que o nível de concentração basal. Adicionalmente, concentração da substância química na fonte primária (rejeito da barragem de Fundão) será levada em consideração. Tais condições deverão ser documentadas conforme especificado nas Seções 3.2.3.2 a 3.2.3.3 acima;
- Substância química de interesse não relacionada ao rompimento da barragem de Fundão: quando a concentração da substância química em um dado compartimento ambiental for menor na área afetada do que na área não afetada ou menor que o nível de concentração basal. Tais condições deverão ser documentadas conforme especificado nas Seções 3.2.3.2 a 3.2.3.3 acima.

3.2.5 DEVOLUTIVA À COMUNIDADE

Após a conclusão das atividades de investigação da FASE II, quando aplicável, será realizada uma devolutiva à comunidade. Para essa devolutiva, não está contemplada aprovação pelos órgãos públicos estaduais de meio ambiente e

saúde, pois esta terá um caráter informativo do andamento da GAISMA, não sendo previsto a devolutiva de resultados. Esta devolutiva representa parte da etapa de socialização das informações, conforme descrito na Seção 4.3 das Diretrizes do MS.

Reunião Geral – Devolutiva Fase II:

- Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da Fundação Renova, Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente, especialistas indicados pelas Secretarias Estaduais e/ou Câmaras Técnicas, e representantes das comunidades das áreas alvo;
- Quando: Deve ser realizada após a conclusão das atividades de investigação previstas para a FASE II;
- Objetivos:
 - i. Informar sobre a finalização das atividades de investigação previstas para a Fase II.

3.3 FASE III – AVALIAÇÃO DE RISCO

A etapa da Avaliação de Risco (FASE III) tem por objetivo caracterizar os riscos à saúde humana e riscos ecológicos relacionados à potencial exposição às substâncias químicas de interesse da área alvo em estudo e, a partir dessa caracterização, auxiliar a tomada de decisão quanto à necessidade de implementação de medidas de intervenção para gestão da saúde humana e meio ambiente.

Os riscos a serem caracterizados na FASE III são aqueles relacionados à potencial exposição às substâncias químicas de interesse identificadas na FASE II da GAISMA, tendo como foco os receptores humanos e ecológicos identificados na FASE I da GAISMA.

A Fase III contempla o desenvolvimento integrado de três avaliações de risco, a saber:

- a. Avaliação de Risco a Saúde Humana utilizando as “Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos” desenvolvida pelo Ministério da Saúde (2010), e suas revisões posteriores;
- b. Avaliação de Risco a Saúde Humana utilizando o “Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS) e suas atualizações desenvolvido pela US EPA (1989), bem como o Framework for Metals Risk Assessment (US EPA, 2007), e suas revisões posteriores.

c. Avaliação de Risco Ecológico utilizando o “Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing And Conducting Ecological Risk Assessments” e suas atualizações desenvolvido pela US EPA (1997), bem como o Framework for Metals Risk Assessment (US EPA, 2007), e suas revisões posteriores.

Para a condução do estudo de avaliação de risco à saúde humana seguindo as Diretrizes do Ministério da Saúde, na ausência de procedimentos detalhados para atendimento dos requisitos das Diretrizes serão utilizados os procedimentos descritos no documento “Public Health Assessment Guidance Manual (Update)” da Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) de 2005, e suas revisões posteriores.

A Figura 3.3-1 apresenta o fluxograma das ARSH a serem executadas na FASE III da GAISMA. A execução desses estudos é discutida nos itens 3.3.1 e 3.3.2 a seguir. O fluxograma de ARE e as etapas desse estudo são apresentados no item 3.3.3.

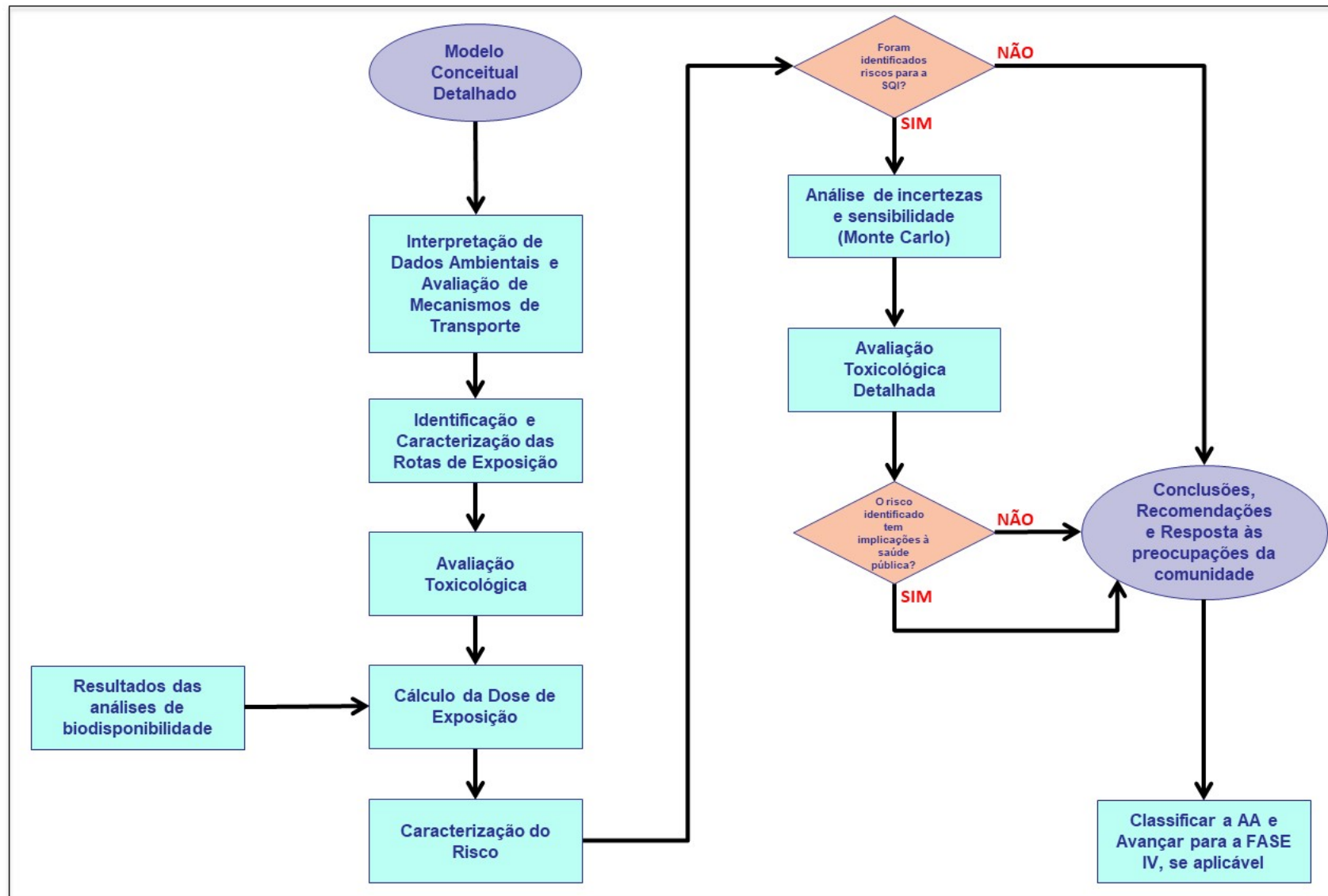


Figura 3.3-1: Fluxograma – ARSH - FASE III - GAISMA.

3.3.1 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA - DIRETRIZES DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

O estudo de avaliação de risco à saúde humana a ser desenvolvido na FASE III da GAISMA seguindo a metodologia do Ministério da Saúde (MS) seguirá as etapas definidas nas Diretrizes do MS (Ministério da Saúde, 2010), incorporadas nos itens a seguir:

- a. Levantamento e avaliação das informações do local;
- b. Levantamento das Preocupações da Comunidade;
- c. Seleção dos Contaminantes de Interesse;
- d. Interpretação de Dados Ambientais e Avaliação de Mecanismos de Transporte;
- e. Identificação e Avaliação das Rotas de Exposição;
- f. Determinação de Implicações para a Saúde Pública;
- g. Determinação de Conclusões e Recomendações.

Algumas das etapas apresentadas acima estão contempladas nas FASES I e II da GAISMA. Para essas etapas, as conclusões desenvolvidas nas FASES I e II serão trazidas para o documento a ser elaborado durante o desenvolvimento da avaliação de risco à saúde humana seguindo as Diretrizes do MS.

A etapa "a" das Diretrizes do MS será abordada na seção de "Avaliação dos impactos ambientais" da FASE I (Ver Seção 3.1.2.1). Portanto, as conclusões relacionadas à essa etapa serão provenientes do relatório de conclusão da FASE I, devidamente aprovado.

A etapa "b" das Diretrizes do MS será abordada na seção de "Identificação das Preocupações da Comunidade" da FASE I (Ver Seção 3.1.2.2). Portanto, as conclusões relacionadas à essa etapa serão provenientes do relatório de conclusão da FASE I, devidamente aprovado.

A etapa "c" das Diretrizes do MS será abordada na seção de "Seleção de Substâncias Químicas de Interesse" da FASE II (Ver Seção 3.2.3). Portanto, as conclusões relacionadas à essa etapa serão provenientes do relatório de conclusão da Fase II, devidamente aprovado.

As etapas "d", "e", "f" e "g" serão discutidas nas subseções apresentadas a seguir, respectivamente.

3.3.1.1 Interpretação de Dados Ambientais e Avaliação de mecanismos de transporte

Esta etapa tem como objetivo a interpretação dos dados ambientais validados e a revisão dos mecanismos de transporte relacionados às substâncias químicas de interesse identificadas ao final da FASE II da GAISMA (Ver Seções 3.2.3.2 e 3.2.3.3).

A interpretação dos dados ambientais validados será realizada a fim de satisfazer os requisitos da Seção 5 das Diretrizes do MS, com foco no entendimento da tendência e distribuição espacial dos dados. Dessa forma, serão executadas duas ações principais:

1. Estatística Descritiva e Cálculo do 95 UCL:

Para cada substância química de interesse em um determinado compartimento ambiental, será avaliada a estatística descritiva das concentrações detectadas na área alvo em estudo. Serão determinados e apresentados em tabelas: quantidade de resultados, porcentagem de detecção, percentis das concentrações detectadas, concentração mínima, concentração máxima e desvio padrão. A concentração que representa o 95 UCL (percentil de 95% de confiança da média aritmética) da substância química de interesse em um determinado compartimento ambiental será determinada através do software ProUCL, versão 5.1 da US EPA (US EPA, 2015).

Para cada substância química identificada como de interesse, atendendo aos requisitos da Seção 5.1.2 das Diretrizes do MS, as mesmas informações citadas nos parágrafos anteriores serão apresentadas para as concentrações detectadas nos demais compartimentos ambientais amostrados, em um apêndice do relatório final.

2. Análise Espacial e Temporal dos Dados

Os dados serão avaliados e interpretados espacialmente a fim de permitir o entendimento da distribuição espacial das concentrações da substância química de interesse. Essa avaliação permitirá identificar se existem regiões específicas dentro da área alvo em estudo nas quais são detectadas maiores concentrações (pontos críticos ou hot spots), conforme recomendação da Seção 5.1.1 das Diretrizes do MS.

Para matrizes ambientais que apresentam variação ao longo do tempo, como água superficial e sedimento superficial, esses dados serão avaliados de acordo com o período hidrológico no qual a amostra correspondente foi coletada. Além disso, deve ser considerado o tempo decorrido desde o evento,

para avaliar a tendência das concentrações, conforme requisitos da Seção 5.5.1 das Diretrizes do MS. Por exemplo, para a matriz água superficial foram observadas concentrações extremas imediatamente após o evento e com o decorrer do tempo, tem-se observado uma tendência de redução dessas concentrações.

Após interpretação dos dados ambientais disponíveis para a área alvo em estudo, deverão ser identificados os mecanismos de transporte relacionados às substâncias químicas de interesse em cada compartimento ambiental, conforme Seção 5.5 das Diretrizes do MS.

Conforme a Seção 5.6 das Diretrizes do MS, na discussão dos mecanismos de transporte deverão ser consideradas propriedades físicas e químicas que possam influenciar a migração e transporte das substâncias de interesse. Para atender a esse requisito das Diretrizes do MS, informações apresentadas no capítulo 3 do documento "Framework for Metals Risk Assessment" da US EPA (2007) poderão ser utilizadas.

Adicionalmente, fatores específicos da área alvo em estudo também deverão ser incluídos na discussão sobre mecanismos de transporte. Os fatores específicos mínimos da área alvo a serem avaliados devem incluir o que é apresentado na Seção 5.7 das Diretrizes do MS. O levantamento desses fatores será abordado na FASE I da GAISMA (Ver Seção 3.1.2.1).

Conforme a Seção 5.9 das Diretrizes do MS, modelos de transporte ambiental poderão ser utilizados apenas para conceituação dos mecanismos de transporte identificados para a substâncias químicas de interesse da área alvo em estudo. Para o estudo de ARSH seguindo as Diretrizes do MS, não devem ser utilizadas concentrações ambientais preditas a partir de modelos para estimar a dose de exposição humana ou para obter conclusões relacionadas com a saúde. Informações proporcionadas por modelos não podem servir como substituto de medições atuais das condições existentes quando se determinam as implicações de saúde pública. Caso sejam utilizados dados provenientes destes modelos, deve-se deixar isto claramente assinalado no relatório, bem como as suas incertezas e limitações. Em outras palavras, nos casos onde um modelo de transporte ambiental for aplicado e o resultado indicar risco, deverão ser coletadas amostras nos compartimentos ambientais onde o modelo apontar o risco para que este seja confirmado ou refutado a partir do dado da real condição existente.

3.3.1.2 Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição

Esta etapa tem como objetivo identificar e avaliar as rotas de exposição relevantes ao estudo de avaliação de risco à saúde humana seguindo a metodologia do Ministério da Saúde, conforme a Seção 6 das Diretrizes do MS.

Para conclusão dessa etapa, o modelo conceitual desenvolvido como produto da FASE I da GAISMA deverá ser revisado com base nas conclusões da FASE II da GAISMA e da etapa de interpretação dos dados ambientais e avaliação do mecanismos de transporte (ver subseção 3.3.1.1). A eliminação de rotas de exposição decorrente dessa revisão seguirá os critérios definidos na Seção 6.7 das Diretrizes do MS.

Conforme especificado pela Seção 6 das Diretrizes do MS, todos os elementos que compõem uma rota de exposição serão identificados, que são apresentados a seguir:

- Fonte de contaminação: seguindo a Seção 6.1 das Diretrizes do MS;
- Compartimento ambiental: seguindo a Seção 6.2 das Diretrizes do MS;
- Ponto de exposição: seguindo a Seção 6.3 das Diretrizes do MS;
- Via de exposição: a ser identificada seguindo a Seção 6.4 das Diretrizes do MS;
- População receptora: seguindo a Seção 6.5 das Diretrizes do MS.

Conforme a Seção 6.5 das Diretrizes do MS, a população receptora será definida com a maior precisão possível. A localização das populações receptoras será apresentada em mapas e levará em consideração os requisitos da Seção 6.5.1 das Diretrizes do MS.

As rotas de exposição serão classificadas como completas ou potenciais, conforme a Seção 6.6 das Diretrizes do MS.

3.3.1.3 Implicações à saúde pública

Essa etapa tem como objetivo estabelecer e identificar as possíveis implicações à saúde relacionadas às substâncias químicas de interesse identificadas para cada rota de exposição válida da área alvo em estudo. O desenvolvimento dessa etapa seguirá o disposto na Seção 7 das Diretrizes do MS e será dividido em três tópicos principais:

- a. Avaliação Toxicológica;
- b. Avaliação de dados de saúde existentes;
- c. Avaliação e resposta às preocupações da comunidade com sua saúde.

Esses tópicos são detalhados a seguir.

3.3.1.3.1 Avaliação Toxicológica

Estudo do Perfil Toxicológico

Os perfis toxicológicos das substâncias químicas de interesse serão avaliados tendo como foco as rotas de exposição e os compartimentos ambientais relacionados à cada SQI.

Serão utilizados como fonte bibliográfica primária para o levantamento dos perfis toxicológicos das substâncias químicas de interesse a versão mais atualizada dos perfis toxicológicos compilados pela ATSDR, disponíveis no website: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>. Na ausência de perfis toxicológicos nessa fonte primária, serão utilizadas informações disponíveis nas seguintes fontes, em ordem de prioridade: Sistema Integrado de Informações sobre Risco (IRIS, *Integrated Risk Information System*) da US EPA; informações do INCHEM (*Internationally Peer Reviewed Chemical Safety Information*) do Programa Internacional de Segurança Química (IPCS, *International Programme on Chemical Safety*); informações da Rede de Dados Toxicológicos (TOXNET, *Toxicology Data Network*); e, as monografias da Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC, *International Agency for Research on Cancer*). Caso seja necessário, outras fontes de literatura sobre os perfis toxicológicos das substâncias químicas de interesse poderão ser utilizadas, respeitando a ordem de prioridade apresentada anteriormente.

Conforme a Seção 7.1.2 das Diretrizes do MS, serão discutidos os possíveis efeitos à saúde relacionados à exposição às substâncias químicas de interesse. Esses efeitos à saúde serão classificados como efeitos carcinogênicos e não-carcinogênicos, sendo detalhado, com base nas evidências científicas apresentadas nos perfis toxicológicos das substâncias químicas de interesse, as rotas de exposição que estão associadas à esses efeitos. Adicionalmente, esses efeitos serão discutidos em termos de efeitos crônicos, sub-crônicos ou agudos.

Conforme a Seção 7.1.3 das Diretrizes do MS, também serão discutidas informações sobre grupos populacionais que possam apresentar condições de maior susceptibilidade aos efeitos à saúde identificados para cada substância química de interesse, tendo como base as evidências apresentadas nos perfis toxicológicos dessas substâncias.

3.3.1.3.2 Caracterização da Exposição e Cálculo da Dose de Exposição

A caracterização da exposição será feita através do cálculo (estimativa) da dose de exposição relacionada à cada via de exposição da rota de exposição

validada para uma substância química de interesse. Essa dose de exposição será estimada conforme a seguinte equação geral:

$$DE = \frac{C \times TI \times FE \times FB}{PC}$$

Onde,

C = concentração da substância química de interesse;

TI = taxa de ingresso;

FE = fator de exposição;

FB = fator de biodisponibilidade;

PC = peso corporal.

O fator de exposição é definido pela equação:

$$FE = \frac{EF \times ED}{AT}$$

Onde,

EF = frequência de exposição;

ED = duração da exposição;

AT = período relacionado à dose de exposição.

Tendo como objetivo avaliar a dose de exposição no contexto da variação das concentrações de cada substância química de interesse detectada em uma determinada matriz ambiental, será feito o cálculo da dose de exposição para as seguintes concentrações de entrada:

- A máxima concentração detectada, seguindo recomendação da Seção 7.1.5 das Diretrizes do MS;
- A concentração que representa o 95 UCL (percentil de 95% de confiança da média aritmética) da concentração da substância química de interesse na matriz ambiental;
- A média aritmética e a média geométrica das concentrações da substância química de interesse detectadas, conforme recomendação do item 7.3.1.4 da ATSDR (2005).

As taxas de ingresso e fatores de exposição a serem utilizados para a estimativa da dose de exposição serão selecionados conforme a seguinte ordem de prioridade: fatores de exposição específicos da área de estudo, quando disponíveis; fatores de exposição de literatura científica brasileira, quando disponíveis (e.g. Diretrizes do MS, CETESB); fatores de exposição do *Exposure*

Factors Handbook e do *Child-Specific Exposure Factors Handbook* da USEPA. Os fatores de exposição provenientes de literatura científica serão utilizados conforme as premissas e orientações dos estudos dos quais os fatores de exposição foram determinados, estando consistentes com o entendimento científico mais atual.

A biodisponibilidade corresponde à fração de um composto químico em um compartimento ambiental que, após processo de absorção, se encontra disponível para participação nos processos fisiológicos de um organismo (US EPA, 2007). O fator de biodisponibilidade será determinado, quando aplicável, através de testes de biodisponibilidade validados, realizados para amostras coletadas durante a execução da FASE II da GAISMA. Na impossibilidade de serem executados testes de biodisponibilidade, conforme recomendação da ATSDR (2005), o fator de biodisponibilidade será assumido como 1 (ou 100%) em uma etapa inicial do cálculo da dose de exposição. Na verificação de dose de exposição que excedam os valores de referência de saúde ou os níveis de risco aceitáveis com a aplicação do fator de biodisponibilidade de 100%, a biodisponibilidade da substância química de interesse será avaliada com maior detalhamento. Conforme Seção 3.3.1.3.5, essa avaliação toxicológica detalhada incorporará evidências científicas sobre a forma química da substância presente no compartimento ambiental e seu potencial de absorção.

3.3.1.3.3 *Caracterização de Risco*

Comparação das Doses de Exposição com Valores de Referência de Saúde

Para efeitos não-carcinogênicos, as doses de exposição estimadas serão comparadas com valores (doses) de referência de saúde.

Os valores de referência de saúde a serem utilizados são, em ordem de prioridade: Níveis de Risco Mínimo (MRL) da ATSDR; Doses de Referência da US EPA; e, os *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values* (PPRTVs) da US EPA. Outras fontes de valores de referência de saúde poderão ser utilizadas, caso necessário. Todas as premissas e orientações de utilização dos valores de referência de saúde definidos pelos órgãos responsáveis serão seguidos.

Para a comparação da dose de exposição com o valor de referência de saúde, será feita a divisão das doses de exposição calculadas pelo valor de referência de saúde selecionado (quociente de periculosidade), sendo que, seguindo orientação da Resolução CONAMA nº 420/2009:

Na verificação de valores inferiores à 1, que indica que a dose de exposição calculada é menor que o valor de referência de saúde, será concluído que a substância química de interesse não possui potencial de representar perigo à saúde;

Na verificação de valores superiores à 1, que indica que a dose de exposição calculada é maior que o valor de referência de saúde, será realizada uma avaliação mais detalhada da exposição estimada, conforme recomendação ATSDR (2005).

Para efeitos carcinogênicos, as doses de exposição estimadas serão utilizadas para o cálculo do nível de risco, que será feito através da multiplicação da dose pelo fator de carcinogenicidade (slope factor). Os fatores de carcinogenicidade a serem utilizados serão os obtidos durante a etapa de levantamento do perfil toxicológico da substância química de interesse. Na inexistência de fatores de carcinogenicidade, os valores de unidade de risco (UR) do IRIS da USEPA serão utilizados para o cálculo do fator de carcinogenicidade.

O nível de risco calculado será comparado com o nível de risco aceitável para efeitos carcinogênicos de 1×10^{-5} , seguindo orientação da Resolução CONAMA nº 420/2009.

Para as substâncias químicas de interesse que apresentaram excedência aos valores de referência de saúde ou ao nível de risco aceitável para uma determinada rota de exposição, deverá ser realizada a avaliação toxicológica detalhada (Ver Seção 3.3.1.3.5), conforme capítulo 8 do documento "Public Health Assessment Guidance Manual (Update)" da Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) de 2005.

Os resultados da comparação das doses de exposição estimadas com os valores de referência de saúde níveis de risco aceitáveis deverão ser sumarizados conforme as recomendações da ATSDR (2005) e itens 7.7 e 8.6 do RAGS da USEPA (1989):

- 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 (doenças e agravos);
- 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.

3.3.1.3.4 Análise de Incertezas e Sensibilidade

A etapa de análise de incertezas e sensibilidade será realizada conforme a Seção 3.3.2.5, seguindo o observado na seção 8.3 das Diretrizes do MS.

3.3.1.3.5 Avaliação Toxicológica Detalhada

A avaliação toxicológica detalhada seguirá os procedimentos descritos nas seções 8.3 a 8.7 do documento "*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*" da ATSDR (2005), incluindo:

- Avaliação crítica dos estudos científicos utilizados para a definição dos valores de referência de saúde, levando em consideração as condições experimentais, as populações avaliadas pelos estudos e a forma química da substância utilizada para a determinação do modelo dose-resposta;
- Comparação das doses de exposição calculadas com os dados de estudos dose-resposta disponíveis para a substância química de interesse;
- Avaliação de outros fatores que possam influenciar a resposta toxicológica da exposição à substância química de interesse, levando em consideração aspectos de biodisponibilidade e essencialidade;
- Determinar a necessidade de avaliação de dados de efeitos à saúde específicos da área alvo em estudo, incluindo dados de mortalidade, morbidade ou biomonitoramento;
- Consolidação das informações geradas na análise toxicológica detalhada.

As conclusões da avaliação toxicológica detalhada correspondem à uma descrição qualitativa das evidências que permitem avaliar se as condições de exposição estimadas para a área alvo em estudo são de natureza, frequência e magnitude suficiente para representar implicações à saúde pública.

3.3.1.3.6 Conclusões da Caracterização do Risco

As conclusões da comparação das doses de exposição com os valores de referência de saúde e a avaliação toxicológica detalhada serão resumidas em uma

seção de conclusões. Nessa seção serão apresentadas: as substâncias químicas de interesse não representam implicações à saúde pública e o porquê; as substâncias químicas de interesse que foram selecionadas para a avaliação toxicológica detalhada e o porquê; e, as conclusões da avaliação toxicológica detalhada. Essas informações serão apresentadas de forma a separar as substâncias químicas de interesse conforme a classificação de relacionadas ou não relacionadas ao rompimento da barragem de Fundão, seguindo as conclusões da FASE II da GAISMA.

3.3.1.3.7 Avaliação de dados de saúde existentes

Essa avaliação consiste em uma etapa preliminar de avaliação epidemiológica descritiva, que será conduzida por uma equipe adequadamente qualificada para tal, incluindo uma equipe multidisciplinar.

Serão avaliados dados de saúde disponíveis para as áreas alvo em estudo, com o objetivo de verificar a existência ou não de evidências epidemiológicas de efeitos à saúde da população receptora foco da ARSH. Esses dados incluem dados de mortalidade e mortalidade que são relacionados especificamente aos potenciais efeitos à saúde da exposição às substâncias químicas de interesse através das rotas de exposição válidas para a área alvo em estudo. Todo o racional que foi utilizado para a definição de que o dado de morbidade ou mortalidade possui relação com a exposição sendo avaliada será apresentado, com as devidas evidências de literatura científica.

Na existência de dados de morbidade e mortalidade que possam ser utilizados para essa avaliação, será explicitado, conforme recomendação da ATSDR (2005), que a avaliação epidemiológica descritiva não é capaz de obter respostas de causa e efeito de um determinado agravo à saúde. Conforme descrito pelas Diretrizes do MS, para evidencia de relação causal entre as substâncias químicas de interesse e agravos à saúde, estudos epidemiológicos devem ser desenhados especificamente para esse objetivo, incluindo, dentre outros fatores, grupos populacionais considerados expostos e não-expostos.

Na inexistência de dados de morbidade e mortalidade que permitam essa avaliação, tal condição será explicitada no relatório. Para esses casos, deverá ser analisada a necessidade de obtenção desses dados, sendo que, caso necessária, será elaborado um plano de trabalho para aquisição e avaliação dos dados.

3.3.1.3.8 Resposta às Preocupações da Comunidade

Conforme descrito na Seção 3.1.2.2.1, as preocupações da comunidade, identificadas na FASE I da GAISMA, que forem relacionadas à rotas de exposição válidas serão respondidas com base nas conclusões da etapa de avaliação

toxicológica. Serão também indicadas as preocupações que não forem relacionadas à rotas de exposição válidas para a área alvo em estudo e o porquê dessa definição.

3.3.1.4 Conclusões e recomendações

As conclusões das etapas anteriores do estudo de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido com a metodologia do Ministério da Saúde serão apresentadas de forma resumida, indicando as recomendações decorrentes da etapa de implicações à saúde pública. Adicionalmente, conforme a Seção 8 das Diretrizes do MS, as preocupações da comunidade serão discutidas.

Todas as conclusões e recomendações do estudo serão apresentadas de forma a indicar se essas são associadas à uma substância química de interesse relacionada ao rompimento da barragem de Fundão ou não, conforme determinação das Cláusulas 108 e 109 do TTAC. Adicionalmente, as conclusões e recomendações desse estudo serão integradas ao estudo de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido com base na metodologia da US EPA (Ver Seção 3.3.2).

Ao final do estudo, a área alvo em estudo será classificada conforme as categorias da Seção 8.3 das Diretrizes do MS.

3.3.2 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA - USEPA

Conforme descrito no RAGS PART A (USEPA, 1989), para o desenvolvimento adequado da etapa de Avaliação de Risco a Saúde Humana é fundamental que sejam desenvolvidas:

- [1] Compilação, validação e análise de dados;
- [2] Caracterização dos Cenários de Exposição;
- [3] Quantificação do Ingresso;
- [4] Análise de Toxicidade;
- [5] Quantificação do Risco;
- [6] Estabelecimento de Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA);
- [7] Análise de Incertezas;
- [8] Gerenciamento do Risco.

3.3.2.1 Compilação, validação e análise de dados

Na GAISMA, a compilação e validação dos dados a serem utilizados para o desenvolvimento da ARSH é realizada durante a execução da FASE I e FASE II, conforme descrito nas Seções 3.1 e 3.2, respectivamente. Adicionalmente, a

análise de dados será desenvolvida conforme a Seção 3.3.1.1 e com base na metodologia descrita no item 5 (Data Evaluation) do "Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I" (e suas atualizações).

3.3.2.2 Avaliação da Exposição

A Avaliação da Exposição tem como objetivo a determinação do tipo, magnitude e frequência da exposição humana às SQI presentes no meio físico a partir de uma fonte de contaminação, associados a um dado evento de exposição atual e/ou futuro. Para o desenvolvimento da avaliação da exposição será seguida a metodologia descrita na Seção 3.3.1.3.2, em conformidade com os itens de 6.1 a 6.3 do "Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I" (e suas atualizações).

Considerando a estrutura indicada pelo RAGS PART A (USEPA, 1989) e suas revisões posteriores, a etapa de Avaliação de Exposição será dividida em dois passos distintos, a saber:

- Caracterização dos cenários de exposição;
- Quantificação do ingresso: a ser desenvolvida conforme a Seção 3.3.1.3.2.

3.3.2.2.1 Caracterização dos Cenários de Exposição

Nesta etapa do estudo de Avaliação de Risco a Saúde Humana, serão definidos todos os caminhos pelos quais a contaminação avaliada se desloca a partir das fontes secundárias nos compartimentos do meio-físico de interesse e chega a uma população potencialmente exposta, conforme descrito nos itens de 4.5, 6.1, 6.2 e 6.3 do "Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I" (e suas atualizações).

Será considerado que obrigatoriamente os cenários de exposição a serem avaliados para a área alvo em estudo, devem ser sempre relacionados aos seguintes elementos:

- (1) Fonte secundária de contaminação, conforme Seção 3.1.2.3;
- (2) Substâncias químicas de interesse (SQI), conforme Seção 3.2.3 e os itens 5.8 e 5.9 do RAGS da USEPA (1989);
- (3) Caminho de exposição, conforme Seção 3.3.1.2 e o item 6.3 do RAGS da USEPA (1989);
- (4) Receptores potenciais, conforme Seção 3.3.1.2 e os itens 4.5 e 6.3 do RAGS da USEPA (1989);

(5) Ponto de exposição (PDE), conforme Seção 3.3.1.2 e os itens 4.5 e 6.3 do RAGS da USEPA (1989);

(6) Via de ingresso, conforme Seção 3.3.1.2 e o item 6.3 do RAGS da USEPA (1989);

(7) Consolidação dos cenários de exposição, conforme Seção 3.3.1.2 e o item 6.3.5 do RAGS da USEPA (1989).

3.3.2.2.2 Quantificação do Ingresso

Em projetos de avaliação de risco à saúde humana para áreas contaminadas, uma das etapas mais importantes é a quantificação do ingresso que deve ser desenvolvida pela estimativa das concentrações teóricas de exposição e pelo cálculo do ingresso (I). O ingresso é definido como a fração da SQI que está na interface de contato com o organismo exposto (pulmões, pele e intestino) e disponível para absorção, sendo expressa pela massa de SQI, por massa corpórea e unidade de tempo (USEPA, 1989). Esta etapa deverá ser dividida em:

- Estimativa das Concentrações nos Pontos de Exposição, conforme Seção 3.3.1.3.2 e item 6.5 do RAGS da USEPA (1989);
- Quantificação do Ingresso, conforme Seção 3.3.1.3.2 e item 6.6 do RAGS da USEPA (1989).

3.3.2.3 Análise de Toxicidade

A análise de toxicidade será realizada conforme a Seção 3.3.1.3.1 e o capítulo 7 do RAGS da USEPA (1989).

3.3.2.4 Quantificação do Risco

A quantificação do risco será executada conforme Seção 3.3.1.3.3 e os itens 8.2 e 8.3 do RAGS da USEPA (1989).

Adicionalmente, após a quantificação do risco individual para cada SQI avaliada, será realizado:

- Somatória de todos os riscos carcinogênicos de cada SQI por cenário de exposição válido;
- Somatória de todos os riscos carcinogênicos de cada cenário de exposição válido por compartimento de interesse do meio-físico;
- Somatória de todos os riscos não carcinogênicos de cada SQI por cenário de exposição válido, considerando a similaridade de efeitos adversos e mesmos órgãos afetados, conforme definido no perfil de toxicidade da SQI;

- Somatória de todos os riscos não carcinogênicos de cada cenário de exposição válido por compartimento de interesse do meio físico, considerando a similaridade de efeitos adversos e mesmos órgãos afetados, conforme definido no perfil de toxicidade da SQI.

3.3.2.5 Análise de Incertezas e Avaliação de Risco Probabilística (PRA)

A primeira etapa da análise de incertezas e sensibilidade, consiste na avaliação crítica dos parâmetros utilizados como dados de entrada da equação de cálculo das doses de exposição. Essa avaliação crítica terá caráter qualitativo e objetiva identificar lacunas técnicas no processo de geração desse dado de entrada.

A Análise de Incertezas e Sensibilidade será desenvolvida com base na metodologia descrita nos itens 6.8 e 7.6 "*Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I*" e suas posteriores revisões.

Serão analisadas as incertezas associadas à geração de dados e informações sobre a área alvo em estudo, considerando:

- Caracterização do meio físico regional e local (geológica, pedológica, hidrogeológica, geotécnica, hidrológica);
- Caracterização da contaminação;
- Caracterização do uso e ocupação do solo.

Serão também analisadas as incertezas associadas à geração de dados e informações sobre os parâmetros exposicionais considerando:

- Sistemática de levantamento de dados exposicionais;
- Sistemática de definição dos parâmetros exposicionais;
- Consistência técnica dos cenários de exposição desenvolvidos e validados.

A análise de sensibilidade será desenvolvida com o objetivo de identificar os parâmetros de cálculo da dose de exposição que mais influenciam na dose estimada. A análise de sensibilidade será realizada através da Avaliação de Risco Probabilística (PRA).

A PRA é uma avaliação de risco que usa distribuições de probabilidade para caracterizar variações ou incertezas nas estimativas de risco. Serão utilizadas uma ou mais variáveis das equações para quantificação do risco como distribuição de probabilidade, substituindo desta forma o valor único utilizado anteriormente. Sendo assim, o resultado desta etapa será um intervalo ou distribuição de probabilidade dos riscos quantificados para cada cenário de exposição válido.

A Avaliação de Risco Probabilística será desenvolvida com base na metodologia descrita no "U.S. EPA. Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA 540-R-02-002). PART A, Volume III. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment" e suas posteriores revisões.

Os objetivos da PRA são:

- Descrever quantitativamente o grau de variabilidade e incerteza nas estimativas de risco para efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos para a saúde humana, fornecendo desta forma uma caracterização abrangente do risco;
- Avaliar a utilização dos parâmetros exposicionais com valores que representem a Máxima Exposição Razoável (RME);
- Avaliar a utilização dos parâmetros exposicionais com valores que representem o perfil exposicional específico da área alvo em estudo;
- Definir os valores para os parâmetros exposicionais que representam o trecho em estudo com limite de confiança de 95%.

Serão utilizadas Simulações de Monte Carlo para desenvolvimento da PRA que consiste num processo de iterações matemáticas para resolução da fórmula de cálculo da dose de exposição, variando-se os valores dos parâmetros de entrada dentro de uma determinada faixa aceitável até que o resultado destas iterações identifique faixas de tendência aceitável para os resultados. O software Crystal Ball® desenvolvido pela empresa Decisioneering (www.decisioneering.com) pode ser utilizado para esta finalidade. A simulação de Monte Carlo será desenvolvida conforme especificado nos documentos:

- Guiding Principles for Monte Carlo Analysis – US EPA, 1997;
- Risk Assessment Forum White Paper: Probabilistic Risk Assessment Methods and Case Studies – US EPA, 2014.

Os resultados da análise de incerteza e sensibilidade serão integrados com o objetivo de estabelecer quais limitações estão presentes nos resultados da avaliação de risco, considerando análise das aproximações qualitativas/semiquantitativas/quantitativas que podem ter influenciado diretamente nos resultados da quantificação do risco.

3.3.2.6 Conclusões e Recomendações

As conclusões das etapas anteriores do estudo de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido com a metodologia do "Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART

A, Volume I” (e suas atualizações) serão apresentadas de forma resumida, conforme capítulo 9 desta metodologia.

Todas as conclusões e recomendações do estudo serão apresentadas de forma a indicar se essas são associadas à uma ou mais substâncias químicas de interesse relacionada ao rompimento da barragem de Fundão ou não, conforme determinação das Cláusulas 108 e 109 do TTAC. Adicionalmente, as conclusões e recomendações desse estudo serão integradas ao estudo de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido com base na metodologia do Ministério da Saúde (Seção 3.3.1).

3.3.3 AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO - USEPA

As etapas da avaliação de riscos ecológicos (ARE), encontram-se listadas abaixo:

- [1] Formulação do problema;
- [2] Caracterização da exposição
- [3] Análise de toxicidade;
- [4] Caracterização dos riscos – Linhas de evidências;
- [5] Análise de incerteza;
- [6] Cálculo dos valores máximos permissíveis no meio;
- [7] Recomendações de Avaliação de Risco Ecológico de Linha de Base (BERA – *Baseline Ecological Risk Assessment*).

O fluxograma geral da ARE é apresentado na Figura 3.3-2.

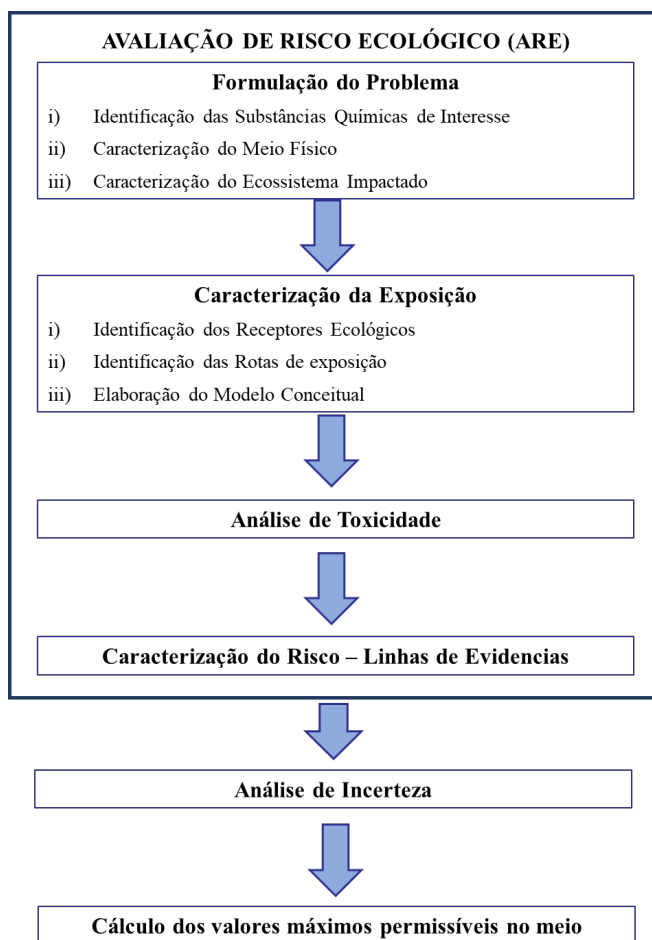


Figura 3.3-2: Fluxograma - ARE - FASE III - GAISMA. Fonte: Adaptado de USEPA (1998).

3.3.3.1 Formulação do Problema

A etapa de formulação do problema será iniciada a partir da consolidação de dados da FASE I (Seção 3.1) e FASE II (Seção 3.2) da GAISMA, estudos bibliográficos regionais e amostras dos compartimentos do meio físico (solo, sedimento e água superficial), sobre o contaminante a fim de determinar a natureza e extensão da contaminação na área de estudo. Após a consolidação de dados, deve-se implementar a fase de formulação do problema, isto é, formular hipóteses preliminares do perigo associado a cada composto e dos efeitos ecológicos, e assim, determinar o escopo e objetivos globais da ARE a ser realizada conforme descrito no *Framework for Metals Risk Assessment* (US EPA, 2007).

3.3.3.2 Modelo Conceitual Ecológico

O Modelo Conceitual Ecológico (MCEeco) consiste em definir todas as formas em que os possíveis contaminantes possam ser transportados da área de origem até uma receptores ecológicos potencialmente exposta. Segundo Suter II (1999) em avaliações de risco ecológico, modelos conceituais são representações das hipóteses pelas quais uma atividade, ou um conjunto de atividades induz efeitos nos receptores ecológicos. O MCEeco deverá abordar as seguintes questões:

- Caracterização ambiental e substâncias químicas existentes na área;
- Destino da contaminação e mecanismos de transporte;
- Mecanismo geral de ecotoxicidade associada às contaminações e categorias prováveis de receptores que poderiam ser afetados;
- Funções ecológicas importantes que podem afetar os receptores;
- As vias de exposição completas que podem existir na área;
- Seleção de *endpoints* para detectar riscos ecológicos;
- Estressores potenciais não relacionados à contaminação em investigação.

O MCEeco deverá incluir as considerações relacionadas à presença de espécies raras ou ameaçadas de extinção.

Será apresentada a integração e sumarização das rotas de exposição e os receptores ecológicos de forma diagramática, definida como Modelo Conceitual de Exposição Ecológica (MCEeco).

Compartimentos Ambientais

Para os fins desta ARE, os solos e sedimentos são definidos como meios aos quais os receptores terrestres e aquáticos estão expostos, podendo ser solo/sedimento natural ou rejeitos. As amostras de áreas que são inundadas sazonalmente devem ser agrupadas de acordo com sua relevância para os *endpoints* de avaliação. Por exemplo, as amostras sazonalmente inundadas são frequentemente estudadas para o risco de exposição direta à comunidade de invertebrados usando valores orientadores de sedimentos e solo. Será considerado a profundidade das amostras, uma vez que se espera que a atividade biológica no solo e nos sedimentos seja maior nas zonas mais superficiais (rasas).

Substâncias Químicas de Interesse (SQI)

A identificação das substâncias químicas de interesse (SQI) será realizada na seção de "Seleção de Substâncias Químicas de Interesse" da FASE II (Ver Seção 3.2.3).

Caracterização do Ecossistema Impactado

A caracterização do ecossistema será realizada por meio da descrição da fauna e da flora que habitam cada área, dos tipos de comunidades presentes, e

suas distribuições geográficas, e das espécies componentes de cada comunidade e demonstração da representatividade do ecossistema e do ambiente afetado. É muito importante a identificação de espécies em perigo ou ameaçadas de extinção. A descrição das espécies irá considerar características como exigências de reprodução e nidificação, ciclo de vida, alimentação e outras peculiaridades que sejam importantes para cada espécie.

Seleção de endpoints

Dentro da etapa de formulação do problema, também será realizada a seleção dos *endpoints*. Um *endpoint* é característico de um receptor (organismo afetado, observado), mas também pode ser afetado por agentes estressantes (Solomon, 1996).

Os *endpoints* podem ser de dois tipos: “*endpoints* de avaliação” (inglês: *assessment endpoints*) e “*endpoints* de medição” (inglês: *measurement endpoints*). Os *endpoints* de avaliação são definidos por uma entidade ecológica ou por seus atributos a serem protegidos e os *endpoints* de medição são as características mensuráveis destes atributos utilizados para estimar o grau de impacto que ocorreu ou pode ocorrer. Um atributo é a característica da entidade que deve ser protegida e está potencialmente em risco.

Os *endpoints* de avaliação se referem a atributos de populações ou comunidades biológicas e destinam-se a focar a ARE em componentes específicos do ecossistema que podem ser afetados negativamente pelos contaminantes do *site* (USEPA, 1997). Estes contêm uma entidade, que é frequentemente representada por uma guilda no ecossistema da área (por exemplo, aves onívoras) e atributos ecologicamente relevantes dessa entidade (por exemplo, taxa de sobrevivência e/ou reprodução). Ao selecionar *endpoints* de avaliação, deverão ser considerados importantes processos ecológicos e o valor do serviço ecossistêmico.

Uma variedade de *endpoints* de medição pode ser usada para os receptores ecológicos. As medidas da exposição incluem concentrações em água, na vegetação, no solo e no sedimento, e podem também incluir concentrações residuais no tecido. As medidas dos efeitos incluem valores orientadores toxicológicos disponíveis na literatura, bem como dados de campo sobre a comunidade ou estrutura populacional (US EPA, 2002).

3.3.3.3 Caracterização da Exposição

A caracterização da exposição pode ser definida como a co-ocorrência ou o contato do estressor com os componentes ecológicos, tanto no tempo quanto no espaço (US. EPA, 2007). Assim, tanto o estressor quanto o ecossistema devem ser caracterizados em escalas temporais e espaciais semelhantes. O resultado desta

etapa consiste em um perfil de exposição que quantifica a magnitude, os padrões espaciais e temporais de exposição, indicando a forma na qual os mesmos se relacionam com os *endpoints* de avaliação e as questões de riscos desenvolvidas durante a formulação do problema (USEPA, 1998).

O perfil da exposição é combinado com um perfil dos efeitos para estimar os riscos. Para que o perfil de exposição seja útil, o mesmo deve ser compatível com a relação entre o estressor e a resposta gerada para caracterização dos efeitos (VIEIRA, 2005).

Será apresentada uma descrição completa de como, quando e onde a exposição ocorreu, avaliar as fontes e descargas, a distribuição dos estressores no meio ambiente e a extensão e o modo de contato ou de coocorrência. Para tanto é necessário identificar as transferências ambientais desse estressor e avaliar se os mecanismos gerais de transporte e dispersão do estressor físico, químico e biológico envolvem: as correntes de água superficial (sistemas fluviais, lacustres ou lagunares), transporte através do solo / sedimento (superfície ou subsuperfície) e cadeia trófica (em especial para estressores químicos). No que se refere aos estressores biológicos, destacam-se: gotas de chuva (em geral, associada a processos erosivos); atividades humanas como camping e meios de transporte aquáticos como barcos e transmissão passiva por outros organismos ou por vetores biológicos (CETEM, 2011).

3.3.3.4 Análise de Toxicidade

A análise de toxicidade pode ser definida como o processo que tenta reconhecer se a exposição a determinado agente pode estar relacionada ao aumento da incidência de determinado efeito adverso e se há possibilidade do seu efeito ocorrer no receptor em questão (Lima, 2009).

Na análise de toxicidade determina-se a dose ou concentração aceitável para receptores específicos que podem estar expostos em condições sem risco ou com um risco mínimo de desenvolvimento de efeitos adversos.

Um contaminante pode exercer efeitos ecológicos adversos de muitas maneiras. Em primeiro lugar, um contaminante pode afetar um organismo após a exposição por um curto período de tempo (agudo) ou após a exposição durante um longo período de tempo (crônico). Em segundo lugar, o efeito de um contaminante pode ser letal (matar o organismo) ou subletal (causando efeitos adversos além da morte, como crescimento reduzido, mudanças comportamentais, etc.).

Os efeitos subletais podem reduzir o tempo de vida ou o sucesso reprodutivo de um organismo. Em terceiro lugar, um contaminante pode atuar direta ou

indiretamente em um organismo. Os efeitos diretos incluem efeitos letais ou subletais do produto químico no organismo. Os efeitos indiretos ocorrem quando o contaminante danifica os alimentos, o habitat, as relações predador-presas ou a competição do organismo em sua comunidade.

A toxicidade pode ser aferida por meio de testes ecotoxicológicos com os organismos de interesse que geram como resultado algum parâmetro de toxicidade. Quando o parâmetro de toxicidade ou efeito observado é a mortalidade, o resultado do teste pode ser dado em CL50 ou DL50, que representam, respectivamente, a concentração ou a dose estimada que está associada com a morte de 50% da população testada. Tanto a CL50 como a DL50 são resultados de testes agudos, ou seja, testes que são realizados em curto espaço de tempo – até no máximo 96h – e que buscam observar qual o efeito de uma única exposição (exposição aguda) a uma alta dose ou concentração do agente estressor.

Para investigar o efeito da exposição repetida em níveis subletais do estressor, são utilizados os testes crônicos, cuja duração engloba um período maior de vida do organismo, ou são realizados em estágios de vida mais críticos, como por exemplo, na fase larval. Os resultados dos testes crônicos geralmente são dados em termos de CENO – Concentração de Efeito Não Observado (inglês: NOEC - *No-Observed Effect Level*) ou CEO – Concentração de Efeito Observado (inglês: LOEC - *Lowest observed Effect Concentration*), que representam, respectivamente, o maior nível no qual não se observou nenhum efeito, ou o menor nível no qual se observou algum efeito.

Uma vez caracterizadas a exposição e a toxicidade, o risco pode ser caracterizado. Isso se dá pela integração das informações sobre exposição e sobre toxicidade.

3.3.3.5 Caracterização do Risco – Linhas de Evidência

A caracterização do risco inclui dois componentes principais: estimativa de risco e descrição do risco. A "estimativa de risco" envolve a integração da análise da exposição e efeitos de exposição, para cada parâmetro específico de avaliação. Neste caso, seria um resumo, por área, dos químicos que representam um risco. A "descrição do risco" fornece informações importantes para a interpretação dos resultados de risco e identifica um nível de efeitos nocivos nas plantas e animais (por exemplo, calculando de novo a concentração de exposição na qual um QR de 1 é excedido) (Suter II, 1996).

A caracterização dos riscos deve incluir a consideração da extensão espacial dos riscos e da sua magnitude, a distribuição da contaminação dentro de uma área, o peso da evidência, o potencial significado ecológico dos riscos identificados

e os pontos fortes, limitações e incertezas da análise geral. Deverá ser levado em consideração que, com exceção de espécies raras ou ameaçadas de extinção, o objetivo da avaliação do risco ecológico é proteger as populações das espécies, e não indivíduos (espécimes).

Para a caracterização do risco deve ser considerado:

- No mínimo 3 linhas de evidências: química, ecotoxicológica e ecológica (abordagem peso de evidência);
- Apresentar os critérios de avaliação para cada linha de evidência;
- Base dos cálculos do risco, informando nível de risco aceitável.

3.3.3.5.1 *Linha de Evidência Química*

Nesta etapa, a caracterização do risco pode ser feita por meio do quociente de risco (QR), que é obtido pela razão entre a dose de exposição e os valores de referência toxicológica (DL50, NOEC e etc).

$$QR = \frac{\text{Dose de Exposição (mg/kg - dia)}}{\text{Valores de Referência Toxicológica (mg/kg - dia)}}$$

Quando o QR é maior que um ($QR > 1$), significa que há ocorrência de risco para espécies-alvo determinadas.

3.3.3.5.2 *Linha de Evidência Ecotoxicológica*

Para a obtenção das evidências ecotoxicológicas serão utilizados os resultados obtidos para os ensaios ecotoxicológicos que vem sendo realizados desde o rompimento da Barragem de Fundão, através de coletas de amostras de sedimentos e água superficial periódicas ao longo do trecho impactado e encaminhadas para ensaios ecotoxicológicos em laboratórios.

3.3.3.5.3 *Linha de Evidência Ecológica*

Para a obtenção das evidências ecológicas, serão utilizados os resultados obtidos para os índices ecológicos, como riqueza, diversidade, abundância, que vem sendo realizados desde o rompimento da Barragem de Fundão até o momento do levantamento de dados para inserir na ARE.

3.3.3.5.4 *Integração das três (3) Linhas de Evidência*

Para a integração das três (3) linhas de evidência, as mesmas devem estar listadas e um símbolo deve ser atribuído para cada uma: positivo "+", negativo "-" e nulo "0", para representar evidências que, respectivamente, apoiam,

enfraquecem ou não afetam a credibilidade de uma evidência, conforme o sistema de atribuição de pesos proposto pela US EPA (2016).

Será avaliada a existência de relações lógicas entre as linhas de evidência e caso ocorram inconsistências entre as linhas, as mesmas deverão ser explicadas com base no levantamento das condições da área alvo em estudo, da química ambiental e toxicologia realizados para a condução da ARE.

3.3.3.6 Análise de Incerteza

A análise de incertezas associadas ao estudo de avaliação de risco ecológico deverá seguir os mesmos moldes de análise descrito na Seção 3.3.2.5.

Será realizada uma análise dos fatores de incerteza associados a ARE considerando o processo de levantamento de dados de fauna e flora, a seleção de espécies alvo e a quantificação das doses de ingresso.

3.3.3.7 Toxicidade do contaminante e seus efeitos adversos Cálculo dos Valores Máximos Permissíveis no Meio

Os valores máximos permissíveis no meio são definidos como as concentrações máximas das substâncias químicas de interesse - SQI (contaminantes) no meio físico que não causem risco ao ecossistema, caso ocorra uma situação de exposição dos receptores ecológicos.

Serão apresentados os valores máximos permitidos calculados para cada área piloto, a partir da fixação do quociente de risco aceitável ($QR = 1$) (inglês: *hazard quotient* ($HQ = 1$)) e a partir da associação das equações utilizadas para o cálculo do ingresso e para o cálculo do risco.

$$CMA_{meio} = (C_{meio}/QR_{calculado}) \times QR_{aceitável}$$

3.3.3.8 Conclusões e Recomendações

As conclusões das etapas anteriores do estudo de avaliação de risco ecológico desenvolvido com a metodologia do "Ecological Risk Assessment Guideline for Superfund" (e suas atualizações) serão apresentadas de forma resumida, conforme capítulo 8 desta metodologia.

Todas as conclusões e recomendações do estudo serão apresentadas de forma a indicar se essas são associadas à uma ou mais substâncias químicas de interesse relacionada ao rompimento da barragem de Fundão ou não. Quando possível, as conclusões e recomendações desse estudo serão integradas aos estudos de avaliação de risco à saúde humana desenvolvido com base na metodologia do Ministério da Saúde (Seção 3.3.1) e metodologia RAGS USEPA (Seção 3.3.2). Nas recomendações da ARE será considerado a Avaliação de Risco Ecológico de Linha de Base (BERA – *Baseline Ecological Risk Assessment*).

3.3.4 PRODUTOS DA FASE III

Todas as etapas da Fase III serão descritas em relatório. Os principais produtos dessa fase são:

- Relatório de ARSH de acordo com as Diretrizes do MS;
- Relatório de ARSH de acordo com a USEPA;
- Relatório de ARE de acordo com as Diretrizes do MS.

3.3.5 DEVOLUTIVA À COMUNIDADE

A devolutiva à comunidade com os resultados da Fase III somente acontecerá após aprovação dos Relatórios FASE III pelos órgãos públicos estaduais de meio ambiente e saúde. Esta devolutiva representa parte da etapa de socialização das informações, conforme descrito na Seção 4.3 das Diretrizes do MS.

Reunião Geral – Devolutiva FASE III

- Envolvidos: Relações Institucionais, Diálogo e equipes territoriais da FUNDAÇÃO RENOVA, Secretarias Municipais de Saúde e Meio Ambiente, especialistas indicados pelas Secretarias Estaduais e/ou Câmaras Técnicas, e representantes das comunidades das áreas alvo específicas;
- Quando: É a terceira devolutiva de resultado da GAISMA para comunidade. Deve ser realizada antes do início da Fase IV;
- Objetivos:
 - i. Apresentar os resultados da Fase III: Avaliação de Risco à Saúde Humana;
 - ii. Quando aplicável: Divulgação das datas de realização da FASE IV.

3.4 FASE IV- PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA

A Figura 3.4-1 apresenta o fluxograma detalhado da FASE IV para desenvolvimento do Plano de Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente para as áreas alvo no procedimento GAISMA.

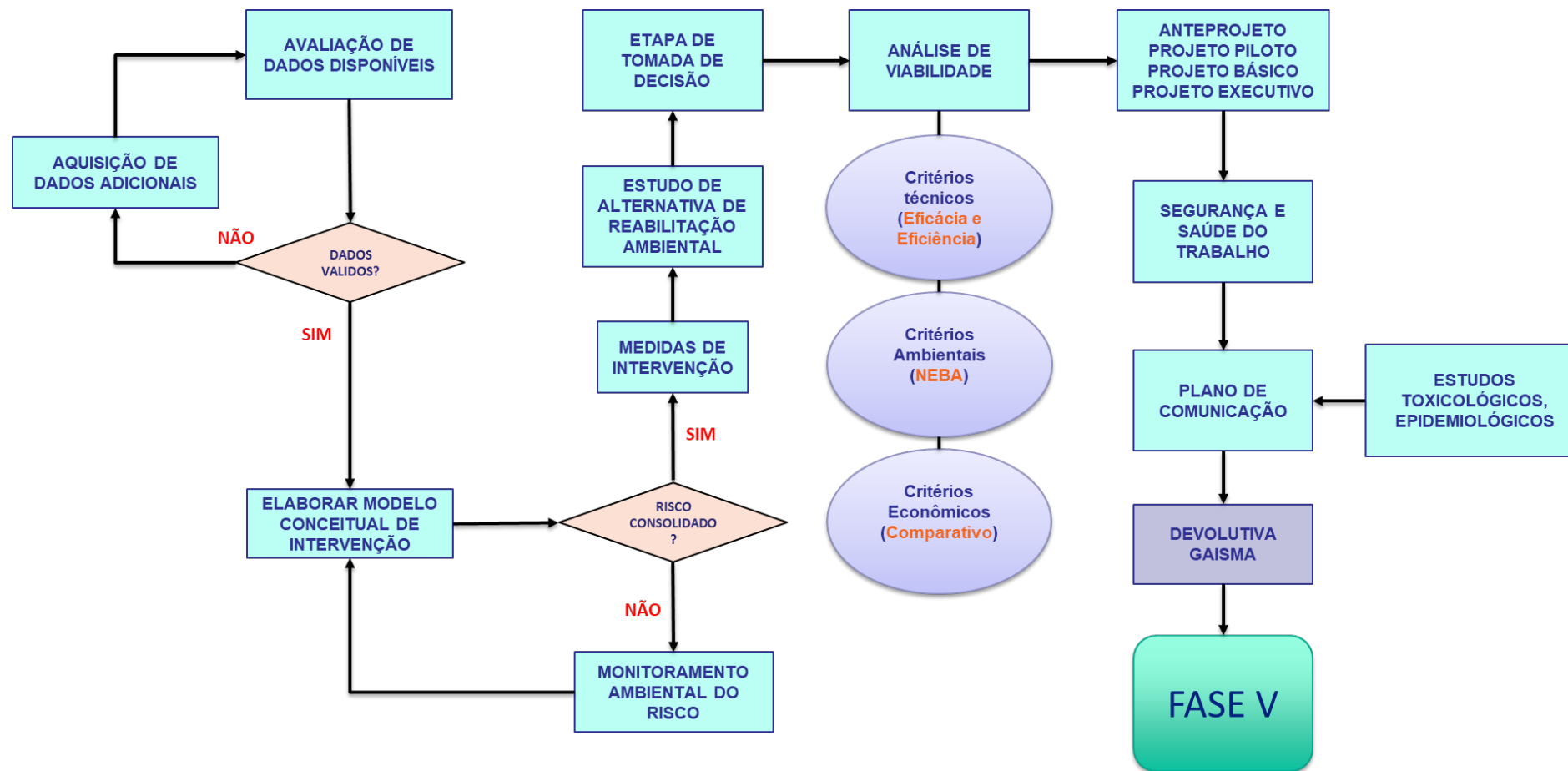


Figura 3.4-1: Fluxograma - FASE IV - GAISMA.

A FASE IV da GAISMA, de desenvolvimento do Plano de Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente (PGAISMA), tem como objetivo consolidar todas as medidas de reabilitação (institucionais, de engenharia e de remediação) a serem aplicadas na área alvo em estudo.

As ações a serem definidas na etapa FASE IV irão considerar, mas não se limitar, as informações e dados gerados e disponibilizados a partir das etapas relacionadas a GAISMA desenvolvidas anteriormente, visando estabelecer ações de controle, monitoramento e mitigação integradas e com indicadores de reabilitação ambiental (IPARA) nas áreas impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Caso os resultados da ARSH e ARE não estejam consolidados, serão implementadas medidas de monitoramento a fim de consolidar as conclusões sobre potenciais riscos à saúde humana e ecológicos. Somente após essa consolidação, serão estabelecidas as medidas de reabilitação a serem aplicadas na área alvo.

O PGAISMA também irá considerar ações de monitoramento continuado da eficiência das medidas a serem implantadas para reabilitação ambiental, bem como considerar como metas quantitativas os VMG (Valores Mínimos para Gestão), a serem definidos no FASE IV a partir da consolidação dos resultados das ARSH e ARE. OS VMG serão desenvolvidos para integrar as ações de saúde pública, reabilitação ambiental e monitoramento ecológico.

As etapas de desenvolvimento do PGAISMA são:

- [1] Avaliação de dados disponíveis das etapas anteriores e demais referências;
- [2] Definição do Modelo Conceitual de Gestão Integrada;
- [3] Definição do plano de monitoramento ambiental continuado;
- [4] Definição das medidas de reabilitação ambiental;
- [5] Definição do plano de comunicação de risco à saúde humana;
- [6] Definição do plano de acompanhamento da saúde dos trabalhadores;
- [7] Definição dos indicadores de reabilitação ambiental

Os objetivos do PGAISMA deverão ser definidos considerando a conclusão acerca da necessidade de adoção de medidas de reabilitação e desenvolvimento de protocolos de saúde.

3.4.1 AVALIAÇÃO DE DADOS DISPONÍVEIS

A avaliação de dados disponíveis, conforme destacado anteriormente, não deve se limitar às etapas anteriores da GAISMA, devendo ser consultados outros documentos relacionados a atividades de reabilitação, estudos sobre risco potencial, planos de monitoramento executados no local, dentre outros.

A partir destas informações, caso seja possível consolidar das conclusões sobre os potenciais riscos à saúde humana e ecológicos da área alvo em estudo, o PGAISMA irá definir medidas de monitoramento ambiental continuado e medidas de reabilitação. Caso contrário, o PGAISMA será iniciado com a definição do monitoramento ambiental e, a partir de seus resultados e a consolidação das conclusões sobre os potenciais riscos à saúde humana e ecológicos, definir as medidas de reabilitação a serem aplicadas na área alvo.

3.4.2 DEFINIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DE GESTÃO INTEGRADA

O Modelo Conceitual de Gestão Integrada (MCGi) será baseado nas conclusões da FASE III da GAISMA, na avaliação dos dados disponíveis e na definição dos objetivos específicos do PGAISMA da área alvo de interesse. A definição dos objetivos a partir do MCGi irá considerar a inter-relação dos diferentes elementos, que em conjunto, caracterizam risco. A Figura 3.4-2 representa esta relação.



Figura 3.4-2: Interrelação de elementos para caracterizar risco potencial

Essa figura ilustra a possibilidade de diferentes formas possíveis de atuação das medidas de reabilitação para excluir o risco potencial da área alvo de interesse.

É importante destacar que o MCGi levará em consideração as conclusões das FASES II e III da GAISMA, tendo como base a divisão de substâncias químicas de interesse da área alvo em estudo (Seção 3.2.4.2) e as conclusões dos estudos de ARSH e ARE.

3.4.3 DEFINIÇÃO DO PLANO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL CONTINUADO

O plano de monitoramento ambiental continuado será composto por:

- i. Monitoramento ambiental do risco potencial: medidas de monitoramento para obtenção de mais dados para maior detalhamento sobre o cálculo de risco potencial para a área alvo,

quando necessário, diminuindo as incertezas que restaram nas etapas anteriores;

- ii. Monitoramento das medidas de reabilitação: medidas de monitoramento voltadas para avaliar o desempenho das medidas de reabilitação aplicadas na área alvo de interesse.

O plano de monitoramento ambiental continuado irá depender da consolidação das informações provenientes de etapas anteriores, devendo este ser iniciado pelo monitoramento ambiental do risco potencial, caso sejam necessários dados adicionais para diminuir as incertezas referentes ao risco potencial. No caso dos dados obtidos em etapas anteriores e outros estudos forem suficientes para definição das medidas de reabilitação, o plano de monitoramento ambiental continuado pode ser iniciado com a proposição do monitoramento de eficiência das medidas de reabilitação elencadas para a área alvo de interesse.

As matrizes ambientais a serem monitorados são aquelas que apresentaram risco potencial na FASE III, bem como aqueles associados aos seus cenários de exposição.

Nesta etapa, serão consideradas análises complementares (por exemplo, ensaios de biodisponibilidade e bioacessibilidade adicionais) além das análises realizadas anteriormente, visando estabelecer uma base detalhada para discussão sobre a ocorrência do risco potencial associado ao rompimento da barragem de Fundão.

3.4.4 INDICAÇÃO DE MEDIDAS DE MONITORAMENTO E CONTROLE DA SAÚDE PÚBLICA

A indicação das medidas de monitoramento e controle da saúde pública serão definidas com base nas orientações das Diretriz do MS (Ministério da Saúde, 2010), bem como observando a seção 3.3.1.4. Serão previstas ações como por exemplo, apoio e treinamento ao sistema SUS, suporte à aplicação de protocolos de saúde específicos, levantamento epidemiológico secundário, acompanhamento toxicológico, segmentação populacional, plano de acompanhamento da saúde de trabalhadores, entre outros.

As indicações de ações definidas neste item não serão detalhadas no Plano GAISMA. Estas servirão de orientação para um grupo de especialistas em saúde pública e toxicologia humana, que irá detalhar os projetos ligados ao acompanhamento da saúde das populações potencialmente expostas pelo rompimento da barragem de Fundão.

3.4.5 DEFINIÇÃO DAS MEDIDAS DE REABILITAÇÃO AMBIENTAL

A definição das medidas de reabilitação ambiental, conforme apresentado na Figura 3.4-2, podem ser propostas para atuarem em diferentes interfaces, sendo elas a fonte de contaminação, a rota de exposição e os receptores.

Essas medidas são definidas como um conjunto de ações adotadas visando a eliminação ou a redução dos riscos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger, decorrentes de uma exposição aos contaminantes presentes em uma área contaminada, consistindo da aplicação de: medidas de remediação, que atuam sobre a fonte de contaminação; controle institucional, que atuam sobre o receptor; e de engenharia, que atuam sobre as rotas de exposição.

A definição das medidas de reabilitação a serem aplicadas na área alvo de interesse depende dos critérios de viabilidade definidos pelas partes interessadas na etapa de tomada de decisões. Os critérios de viabilidade são divididos em:

- Critérios técnicos: avaliados a partir da aplicabilidade técnica, considerando o meio físico a ser tratado, os contaminantes alvo, o tipo da técnica, seu método de aplicação, sua eficácia e eficiência, os equipamentos, insumos e mão-de-obra necessários, bem como resíduos gerados e riscos relacionados a sua aplicação;
- Critérios econômicos: avaliados pelo custo geral do projeto, sendo associados à alocação de mão-de-obra, equipamentos, insumos, análises químicas, destinação de resíduos, licenças e qualquer outro item necessário que possa influenciar economicamente o projeto;
- Critérios ambientais: avaliados a partir da análise de benefício ambiental líquido (*Net Environmental Benefit Analysis - NEBA*), comparando-se os potenciais benefícios ambientais de diferentes técnicas aplicadas, incluindo a ausência de suas aplicações.

Os seguintes objetivos serão ser considerados para adoção de medidas de reabilitação, quando aplicáveis:

- a) Mitigação da exposição a níveis aceitáveis de risco à saúde humana e ecológico identificadas na área alvo em estudo;
- b) Controlar as fontes de contaminação secundárias identificadas;
- c) Evitar que outros bens a proteger sejam afetados;
- d) Restabelecer a qualidade dos compartimentos do meio físico e ambientais impactados, para os quais devem ser observados os padrões legais.

Para o atingimento dos objetivos propostos, as medidas de reabilitação ambiental que poderão ser adotadas em conjunto ou isoladamente somente nas regiões que possuam risco confirmado. A decisão sobre as medidas de reabilitação a serem propostas deverá ter como base:

- [1] A redução da massa das substâncias químicas de interesse (SQI) nos compartimentos do meio físico contaminados que oferecem risco à saúde humana ou a ecossistemas, considerando a sua distribuição espacial mapeada anteriormente na etapa de FASE II;
- [2] O controle e, se possível, a eliminação da exposição de receptores localizados em regiões nas quais foi quantificado risco acima de níveis aceitáveis;
- [3] Elaboração de estudos de alternativas de reabilitação, em alinhamento com o Plano de Manejo de Rejeitos, que preveja a avaliação minimamente das seguintes alternativas:
 - a. Remoção e/ou raspagem de solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas e ingestão de alimentos;
 - b. Geofixação, estabilização e inertização de SQI que oferecem risco para ingestão de partículas de solo superficial e ingestão de alimentos;
 - c. Fitorremediação em áreas onde solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas;
 - d. Encapsulamento de áreas onde solo superficial contaminado que possuam SQI que oferecem risco para ingestão de partículas.
 - e. Monitoramento e Controle de Cultivos e Plantações;

Para as medidas de engenharia e reabilitação ambiental do plano GAISMA será obrigatório que seja apresentado os seguintes itens de projeto básico:

- resultados dos testes desenvolvidos para o dimensionamento, quando aplicáveis;
- memorial descritivo;
- memorial de cálculo;
- dimensionamento e especificação de todos os equipamentos;
- plantas do layout das instalações da medida projetada;
- planta com concentrações meta a serem atingidas, mapa de risco referente ao cenário de exposição de interesse e área de influência da medida dimensionada;
- seções contendo o esquema da ocupação da área, a distribuição espacial da contaminação e a localização da medida de engenharia;
- isométrico das instalações da medida de engenharia, quando aplicável;
- quadro de quantitativos de materiais, insumos, mão de obra, equipamentos e infraestrutura de das instalações;

- pontos de conformidade para o monitoramento da eficiência da medida de engenharia;
- especificação técnica do monitoramento da eficiência da medida de engenharia;
- cronograma detalhado.

3.4.6 DEFINIÇÃO DO PLANO DE COMUNICAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A estratégia e as ações serão norteadas pelas normas definidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela Organização Pan-Americana de Saúde (Opas). O Plano de Comunicação de Riscos à Saúde Humana seguirá referências consagradas, como por exemplo, as orientações presentes nos seguintes documentos:

- [1] Comunicação de riscos em emergências de saúde pública -- Um guia da OMS para políticas e práticas em comunicação de risco de emergência
- [2] Comunicação Eficaz com a Mídia durante Emergência de Saúde Pública (Manual OMS)
- [3] Effective Communications Participant Handbook (OMS)
- [4] Avaliação de Risco à Saúde Humana (OPAS/OMS) / Curso de Comunicação de Risco OMS
- [5] Plano de Respostas às Emergências em Saúde Pública do Ministério da Saúde
- [6] Resolução Nº 588, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que institui a Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS)
- [7] National Research Council - "Improving Risk Communication" - 1989
- [8] Comunicação de Risco, Vigilância Sanitária e Política de Saúde
- [9] Comunicação no controle de risco à saúde e segurança na sociedade contemporânea: uma abordagem interdisciplinar
- [10] Risk Communication and Community Engagement (RCCE) Considerations: Ebola Response in the Democratic Republic of the Congo (OMS)
- [11] A prática da comunicação de risco no contexto das organizações
- [12] Creación de una estrategia de comunicación para la influenza pandémica-OPS
- [13] Micromortevida Severina? A comunicação preemptiva dos riscos

O objetivo do Plano de Comunicação de Risco à Saúde Humana irá traçar estratégias e ações de comunicação necessárias para a divulgação dos resultados obtidos na GAISMA, como:

- Definir uma estratégia de comunicação para informar adequadamente – de forma clara, didática e acessível - a todos os públicos sobre o resultado dos estudos de ARSH;

- Reforçar compromisso com a transparência e a credibilidade, prezando pela segurança da população por meio da divulgação de informações confiáveis;
- Promover o engajamento e estabelecer relação de confiança junto às partes interessadas;
- Evitar temores, preocupações e inseguranças associadas à percepção equivocada do risco para a saúde por parte da população;
- Atuar para evitar a circulação de informações distorcidas sobre possíveis impactos à saúde da população;
- Capacitar agentes e profissionais de saúde para lidar com o público e promover o esclarecimento.

As diretrizes de comunicação a serem seguidas, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), para atingir o objetivo de comunicar o risco, segue os princípios de educar, informar, recomendar, preparar e prevenir. As diretrizes são:

- a) Conquistar a confiança de comunidades afetadas;
- b) Estimular a participação das comunidades afetadas;
- c) Integrar a estratégia de comunicação de risco;
- d) Avaliar a prática da estratégia de comunicação de risco.

Com base nas diretrizes apresentadas e nos objetivos específicos do Plano de Comunicação de Risco à Saúde Humana, serão realizados os seguintes elementos:

- Mapear os públicos prioritários para a comunicação de risco, identificando a população afetada, os órgãos sociais, de mídia e governamentais, entre outros;
- Gerar a matriz de responsabilidades, definindo o papel de cada uma das instituições envolvidas;
- Definição de porta-vozes e mensagens-chave a serem passadas;

A partir destes elementos, deve-se definir a estratégia de comunicação e o plano tático de apresentação dos resultados obtidos e consolidados no projeto GAISMA, finalizando-o com a definição da avaliação e monitoramento do desempenho do plano, respondendo questões como:

1. O público entende o conteúdo da comunicação?
2. O público está de acordo com a interpretação ou recomendação contida na mensagem?
3. Os públicos-alvo acham que a mensagem é útil, precisa e clara?

A partir desta avaliação e monitoramento será possível verificar a efetividade do plano de comunicação de risco e sugerir eventuais alterações em sua estratégia.

3.4.7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões das etapas anteriores do Plano de Gestão Integrada para Saúde e Meio Ambiente serão apresentadas de forma resumida.

Todas as conclusões e recomendações do plano serão apresentadas de forma a indicar ações de reabilitação ambiental, de gerenciamento dos riscos (saúde pública, ambientais e ecológicos), de monitoramento ambiental e de comunicação do risco, associadas à uma ou mais substâncias químicas de interesse relacionada ao rompimento da barragem de Fundão ou não.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). "Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos". Brasília, DF, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). "Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 42". Brasília, 29 de agosto de 2013. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042_29_08_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004:2004 "Resíduos Sólidos - Classificação". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.005:2004. "Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.006:2004 "Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.007:2004 "Amostragem de resíduos sólidos". Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.492:2007 "Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento". Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.515-1:2007 Versão Corrigida:2011 "Passivo ambiental em solo e água subterrânea- Parte 1: Avaliação preliminar". Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.515-2:2011 "Passivo ambiental em solo e água subterrânea- Parte 2: Investigação confirmatória". Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15.515-3:2013 "Passivo ambiental em solo e água subterrânea- Parte 3: Investigação detalhada". Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15847, 2010 "Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - Métodos de purga". Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16.209:2013 "Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas". Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16.435:2015 "Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas – Procedimento". Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9.897:1987 "Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento". 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9.898:1987 "Preservação e técnicas de amostragem de afluente líquidos e corpos receptores - Procedimento". 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/IEC 17025:2017 "Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração". Rio de Janeiro, 2017.

ASTM International, 2006. ASTM D 6634-01 "Standard Practice for the Selection of Purging and Sampling Devices for Groundwater Monitoring Wells". 2016.

ASTM International, 2016. D7144 "Standard Practice for Collection of Surface Dust by Micro-vacuum Sampling for Subsequent Metals Determination". 2016.

BRASIL. "Decreto Nº 55.871". Brasília, 26 de março de 1965.

Bussab, WO; Morettin, PA. Estatística Básica. São Paulo: Editora Saraiva, 2006 (5ª Edição).

CH2M, JACOBS. "Plano de Manejo de Rejeitos – Revisão 1". São Paulo, Brasil, 31 de julho de 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Decisão de Diretoria nº 038/2017/C. São Paulo, 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). "Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas". São Paulo, 2001.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). "Deliberação Normativa COPAM nº 166". Minas Gerais, 29 de junho de 2011. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=18414>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 357". Brasil, 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 396". Brasil, 3 de abril de 2008. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 420". Brasil, 28 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). "Resolução Nº 454". Brasil, 01 de novembro de 2012. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>

CORREIA, Pedro. Modelação e Estimação: uma introdução à geoestatística. 1ª. ed. Paraná: LEG UFPR, 2010. 80 p. v. 1.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATION (FAO). "Joint FAO/WHO Food Standards Programme - CODEX Committee on Contaminants in Foods - Fifth Session. The Hague, The Netherlands, Março de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Comitê Interfederativo – CIF. Deliberação nº 106, 2017. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/deliberacoes/2017/cif-2017-09-14-deliberacao-106.pdf>>.

IPCS (International Programme on Chemical Safety). Environmental health criteria 228, principles and methods for the assessment of risk from essential trace elements, United Nations Environment Programme, International Labour Organization, World Health Organization. 2002.

Magalhães, MN; Lima, ACP. Noções de Probabilidade e Estatística. São Paulo: EDUSP, 2008 (6ª edição).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). "Manual de Procedimentos para Laboratórios – Área de microbiologia e físico-química de produtos de origem animal". 2ª Edição. Brasília, DF, 2017. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/arquivos-publicacoes-laboratorio/manual-finalizado-com-foto-dipoa-cgal-14_09_16.pdf.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. "Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano". Brasília, 2016. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_plano_amostragem_agua.pdf. Acessado em Outubro de 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. "Diretrizes para elaboração de estudo de avaliação de risco à saúde humana por exposição a contaminantes químicos". Brasília, 2010. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2015/janeiro/06/Avaliacao-de-Risco---Diretrizes-MS.pdf>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. "Portaria de consolidação nº 5". Brasília, 28 de setembro de 2017. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>.

Montgomery, DC; Runger, GC. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2012 (5ª Edição).

Morettin, LG. Estatística básica: probabilidade e inferência. São Paulo: Pearson, 2010.

NAS/IOM (National Academy of Sciences/Institute of Medicine). Dietary reference intakes: guiding principles for nutrition labeling and fortification. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, Washington, DC. 2003.

Navidi, W. Probabilidade e estatística para ciências exatas. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SÃO PAULO. Decreto-Lei nº 59.263, de 05 de junho de 2013 Regulamenta a Lei nº 13.577, de 8 de julho de 2009 (<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59263-05.06.2013.html>)

SECRETARIA DE ESTADO DE SAÚDE DE MINAS GERAIS (SES-MG). Subsecretaria de Vigilância de Proteção à Saúde. Nota Técnica SUBVPS/SES-MG nº 11/2017, 2017. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/cif/notas-tecnicas/CT-SAUDE/2017/CIF-NT-11-2017-CT-SAUDE.pdf>>.

SILVA, A.P. Emissões de Mercúrio na Queima de Amálgama: Estudo da contaminação de ar, solos e poeira em domicílios em Poconé, MT. Sério Tecnologia Ambiental, 13, 40p. Rio de Janeiro: CETEMICNPq, 1996.

Spiegel, MR; Schiller, J; Srinivasan, A. Probabilidade e estatística. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SUTER, G. W. II. 1999. Developing conceptual models for complex ecological risk assessment. Human and Ecological Risk Assessment. N. 2, v. 5, pp.375-396, 1999.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 1993. Wildlife Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-93/187a.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 1997. Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments. Interim Final. June.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2000. Bioaccumulation Testing and Interpretation for the Purpose of Sediment Quality Assessment - Status and Needs. EPA-823-R-00-001. February.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2005. Field Sampling Procedures Manual. New Jersey. Agosto de 2005.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2005. Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies. Nevada, 2005.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2015. Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance Interim Draft. Region 4.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2017a. National Functional Guidelines for Inorganic Superfund Methods Data Review. EPA-540-R-

2017-001. January. <https://www.epa.gov/clp/national-functional-guidelines-inorganic-superfund-methods-data-review-ism024>

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2017b. National Recommended Aquatic Life Criteria. <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2017c. Interim Ecological Soil Screening Level Documents. <https://www.epa.gov/chemical-research/interim-ecological-soil-screening-level-documents>

United State Environmental Protection Agency (USEPA). 2017d. ProUCL Software, Software Downloads. <https://www.epa.gov/land-research/proucl-software>

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Calculating Upper Confidence Limits for Exposure Point Concentrations at Hazardous Waste Sites U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2002. Última atualização em Setembro de 2002.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Child-Specific Exposure Factors Handbook (2008, Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008. Última atualização em Setembro de 2008 (https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?direntryid=199243).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Exposure Factors Handbook, Volumes I, II e III. National Center for Environmental Assessment (EPA/600/R-09/052F). Última atualização em Setembro de 2011 (<https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/630/P-03/001F, 2005. Última atualização em Março de 2005 (<https://www.epa.gov/risk/guidelines-carcinogen-risk-assessment>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/1-89/002). PART A, Volume I. Última atualização em Dezembro de 1989 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA 540-R-02-002). PART A, Volume III. Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. Última atualização em Dezembro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R-92/003). PART B. Developing Chemical-Specific Preliminary Remediation Goals Based on Protection of Human Health. Última atualização em Dezembro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/9285.7-

01C). PART C. Risk Evaluation of Remedial Alternatives. Última atualização em Outubro de 2001 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/9285.7-47). PART D. Standardized Planning, Reporting and Review. Última atualização em Junho de 2002 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R/99/005). PART E. Dermal Risk Assessment. Última atualização em Julho de 2004 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

United State Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guideline for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual (EPA/540/R/070/002). PART F. Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment. Última atualização em Janeiro de 2009 (<https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners". EPA/240/B-06/003 Washington, DC. Fevereiro 2006. Disponível em: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/900B0D00.PDF?Dockey=900B0D00.PDF>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Guidance for Data Useability in Risk Assessment (Part A)". Washington, DC. Dezembro de 1991.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection". Washington, DC. 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Region 4 Ecological Risk Assessment Supplemental Guidance". Washington, DC. Março de 2018. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/era_regional_supplemental_guidance_report-march-2018_update.pdf.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Regional Screening Levels (RSLs) - Generic Tables". Washington, DC. Maio de 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Validation Assessment of In Vitro Arsenic Bioaccessibility Assay for Predicting Relative Bioavailability of Arsenic in Soils and Soil-like Materials at Superfund Sites". OLEM 9355.4-29. Washington, DC. 20 de abril de 2017. Disponível em: <https://semspub.epa.gov/work/HQ/196751.pdf>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). "Weight of Evidence in Ecological Assessment". Washington, DC. Dezembro de 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). EPA - Methods for Evaluating Attainment of Cleanup Standards For Soils and Solid Media 1989.pdf, [s.d.].

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Framework for Metals Risk Assessment, EPA 120/R-07/001. Washington, DC, EUA. Março, 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Framework for Human Health Risk Assessment to Inform Decision Making. Washington, DC, EUA, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Operating Procedure - Soil Sampling, SESDPROC-300-R3. Athens, Georgia, EUA. 21 de agosto, 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). ProUCL Version 5.1.002, Technical Guide, Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations. Prepared by the Office of Research and Development. Publication No. EPA/600/R-07/041. Washington, DC. 2015.

Weir S.M., S. Yu, L.G. Talent, J.D. Maul, T.A. Anderson, and C.J. Salice. 2015. Improving reptile ecological risk assessment: oral and dermal toxicity of pesticides to a common lizard species (*Sceloporus occidentalis*). *Environ Toxicol. Chem.* 34(8):1778-86.

WONG-VALLE, J. "Estimation of Relative bioavailability of Manganese Sources for Sheep". 1989. *J. Anirn. Sci.* 1989. 67:2409-2414.



APÊNDICE 1: GRUPOS FOCAIS E AVALIAÇÃO DE
SAÚDE PÚBLICA – ESTUDO ARSH



FUNDAÇÃO
renova

Grupos focais são um método de pesquisa qualitativa que usa grupos de discussão para coletar dados. O pesquisador seleciona o tópico e auxilia no direcionamento da discussão, enquanto os participantes geram dados através de suas discussões entre si. Essa será a estratégia utilizada para engajar as comunidades para que se possa entender as preocupações relacionadas à saúde pública, parte integrante da Gestão Ambiental Integrada para Saúde e Meio Ambiente. A metodologia para evidenciar as preocupações com a saúde da comunidade é descrita no "*Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*" da *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2005, pp. 4-13, 4-16, 4-22, 4-23), referência primária das Diretrizes do Ministério da Saúde de 2010.

Grupos focais são recomendados pela ATSDR em sua metodologia de comunicação com a comunidade como ferramenta primária de coleta de informações sobre preocupações à saúde das comunidades.

Grupos focais coletam informações que englobam:

- Preocupações com a saúde, incluindo suspeitas de exposições e efeitos na saúde que a comunidade tem expressado;
- Natureza e extensão dos esforços para entender a saúde da comunidade;
- Como as preocupações com a saúde podem ou não estar relacionadas a contaminantes locais específicos e vias de exposição (ATSDR PHAGM, 2005, p. 4-23).

A grande vantagem deste método vem do aspecto grupal da coleta de dados. A discussão de uma hora de um grupo focal pode gerar um vasto volume de dados e identificar uma maior variedade de visões, opiniões e experiências que o mesmo tempo gasto em entrevistas individuais em pesquisas domiciliares (Hennink, 2007). A marca característica dos grupos focais é o uso explícito da interação do grupo para produzir dados e ideias que seriam menos acessíveis sem a interação encontrada em um grupo.

A utilização de grupos focais também apresenta limitações que precisam ser consideradas. A natureza flexível das discussões em grupo requer um moderador habilidoso. O moderador precisa facilitar uma discussão que gera respostas úteis, detalhadas e variadas sobre os assuntos. Além disso, o moderador precisa manter um ambiente confortável e permissivo no grupo, o que provocará respostas abertas. Também existe o risco do enviesamento na seleção dos participantes e na entrega das questões do moderador. Apesar dos membros do grupo poderem estimular um ao outro na discussão, há ainda o risco de alguns membros a dominarem. Isso pode inibir outros membros, o que os levaria a permanecerem

quietos ou simplesmente concordarem com as visões de um participante dominante. Em outras situações, participantes podem todos simplesmente concordar uns com os outros devido a pressão social ou por desconforto no grupo, resultando em poucas discussões sobre o assunto. Um recrutamento mal feito dos participantes pode contribuir para a formação das hierarquias dentro do grupo focal, o que pode ter um impacto negativo na contribuição dos participantes na discussão.

Os princípios chave dos grupos focais são:

- Equilíbrio é essencial. Sempre considerar ambos interesses dos participantes e dos organizadores;
- Deve-se prestar atenção aos pensamentos e sentimentos dos participantes;
- Os dados vêm das discussões;
- Considerar como os participantes reagirão em relação aos outros participantes, às perguntas das entrevistas e à moderação.

Elementos:

- Participantes: Quem são as pessoas mais apropriadas e como serão localizadas?
- Questões: O que deve ser perguntado para criar uma discussão efetiva?
- Moderação: Qual o melhor estilo para conduzir o grupo focal?
- Análise: Como os dados são interpretados e como os resultados serão reportados?

O levantamento das preocupações da comunidade através de grupos focais será planejado durante a etapa preparatória de reuniões (Ver Seção 3.1.2.2 do texto principal).

1 SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES

Grupos focais funcionam melhor quando:

- Os participantes estão tão interessados nos tópicos quanto os organizadores;
- Pessoas que têm as informações necessárias são ouvidas;
- Os participantes se sentem confortáveis conversando uns com os outros sobre o assunto.

Com frequência, é interessante ordenar os grupos em segmentos homogêneos. Para os participantes, a homogeneidade dentro do grupo facilita as discussões, uma vez que:

- A sensação de que os participantes estão entre semelhantes facilita o ato de compartilhar;
- Os grupos precisam ser homogêneos em relação ao assunto, não apenas aos dados demográficos.

Dessa forma, os grupos focais para a condução da etapa de levantamento das preocupações da comunidade serão selecionados levando em consideração os tópicos descritos acima. O(s) grupo(s) focal(is) de cada área alvo será selecionado e estruturado pelas partes interessadas na GAISMA.

Caso seja necessário compreender se as diferenças na composição dos grupos focais interferem nas discussões, serão avaliadas as diferenças entre as respostas à questões semelhantes dadas por grupos que possuem composição diferentes.

2 RECRUTAMENTO

A estratégia de recrutamento para participação dos grupos focais estará alinhada desde o início entre as partes interessadas. O processo de recrutamento dos participantes levará em consideração que:

- É crucial saber não só quem serão os participantes, mas como eles serão localizados;
- Um roteiro sólido para os contatos iniciais com os participantes será desenvolvido e aprovado pelas partes interessadas;
- Os responsáveis pelo contato com os participantes (recrutadores) serão equipes capacitadas e engajadas com a GAISMA;
- Serão aplicados métodos de engajamento dos participantes selecionados, a fim de garantir sua participação efetiva.

Adicionalmente, o acompanhamento após o contato inicial com os participantes será feito, considerando que:

- O primeiro contato com os participantes ocorrerá em até duas semanas antes da data do grupo focal;
- Serão utilizados meios de comunicação físicos com as instruções para participação;
- Haverá um contato por telefone uma noite antes da realização do grupo focal;
- Será considerado contatar um número de participantes 20% a maior do que o número necessário de participantes;
- Será elaborada uma lista de suplentes, caso o recrutamento dos participantes não seja efetivo.

3 FORMATOS BÁSICOS PARA O GRUPO FOCAL

O formato de cada grupo focal será definido na etapa de planejamento do levantamento das preocupações da comunidade, podendo ser utilizadas diferentes estruturas.

A estrutura de funil é um formato comum e considera que:

- O primeiro nível de perguntas é abrangente, menos estruturado - o objetivo é escutar as perspectivas do participante:
 - Questões iniciais são abrangentes, menos estruturadas, priorizam os interesses dos participantes;
- O meio é estruturado - o objetivo é cobrir os tópicos e interesses dos pesquisadores;
- O final é estreito, o mais estruturado - o objetivo é conseguir respostas para perguntas específicas:
 - Questões finais são mais restritas, mais estruturadas e priorizam os interesses do pesquisador.
- A última pergunta é geralmente um encerramento que claramente sinaliza o fim do grupo.

Abordagens mais estruturadas e menos estruturadas de questionamento incluem:

- Entrevistas menos estruturadas que priorizam escutar os participantes em seus próprios termos:
 - Útil para propósitos exploratórios;
 - Com frequência as perguntas feitas são mais abrangentes, em menor quantidade com menos controle do moderador
- Entrevistas mais estruturadas que priorizam uma agenda predeterminada:
 - Útil quando se sabe quais são as questões, e se quer escutar as respostas;
 - Frequentemente pergunta questões mais limitadas, em maior quantidade e com maior uso do moderador.

Outros possíveis formatos de entrevistas são:

- Funil Reverso, que começa com questões específicas e avança para generalidades:

- Assuntos específicos e experiências concretas podem ser bons iniciadores de discussão;
 - Pode-se começar perguntando o máximo de exemplos do tópico que os participantes conhecem.
- Tomada de histórico, que pede que os participantes contem alguma experiência:
 - O modelo é baseado em entrevistas médicas que elucidam experiências anteriores, passo a passo;
 - Funciona bem quando todos participantes compartilham da mesma experiência.
- Brainstorming, que prioriza gerar ideias, e não as avaliar:
 - Normalmente, altamente estruturado com participantes envolvidos em pouca conversa real;
 - Frequentemente utiliza o desenvolvimento de listas como uma tarefa em grupo.

4 SELECIONANDO UM MODERADOR

Os moderadores do grupo focal e a equipe responsável pela etapa de levantamento das preocupações da comunidade serão selecionados considerando:

- Experiência em trabalhar com grupos é o primeiro passo para a expertise em moderação;
- Experiência em assuntos de moderação, e também experiência anterior com seus participantes;

5 ESTILOS DE MODERAÇÃO

O estilo de moderação será definido na etapa de planejamento do levantamento das preocupações da comunidade, podendo ser utilizadas diferentes estruturas.

Abordagens menos estruturadas ou mais estruturadas diferenciam os pontos de equilíbrio:

- Abordagens menos estruturadas ditam o equilíbrio em favor aos interesses dos participantes:
 - O moderador ajuda os participantes gerar discussões amplas e escuta suas visões;
 - A interação deixa os pesquisadores descobrirem ideias as quais eles não haviam antecipado.
- Abordagens mais estruturadas ditam o equilíbrio a favor dos interesses dos pesquisadores:
 - Os moderadores perguntam e recebem as respostas, o que mantém os participantes “trabalhando”;
 - A interação fornece profundidade na agenda determinada pelo pesquisador.

Comparando os diferentes estilos de moderação:

- Não surpreendentemente, o estilo mais comum é uma abordagem moderada ou no meio do caminho:
 - Funciona alternadamente entre os interesses dos pesquisadores e dos participantes;
 - Concentra nos objetivos do pesquisador, mas dá ao grupo liberdade para buscá-los;
 - O moderador depende fortemente em “escutar ativamente” – está interessado, mas sem julgamentos. se gostaria.

6 ANALISANDO DADOS E REPORTANDO RESULTADOS

A análise de dados e o formato a ser utilizado para reportar os resultados será definido na etapa de planejamento do levantamento das preocupações da comunidade, podendo ser utilizadas diferentes estruturas.

De forma a geral, o agrupamento dos dados qualitativos considerará:

- Dentro de um grupo, procurar por “temas chave” que quase todo mundo concorda que são importantes;
- Entre os grupos, procurar por “temas chave” que são compartilhados por quase todos os grupos.

Adicionalmente, será previsto a produção de pequenos resumos no local de realização dos grupos focais, a serem estruturados conforme descrito a seguir:

- Primeiro, escrever observações após a finalização do trabalho com cada grupo;
- Depois, sintetizar e separar os resumos dos diferentes grupos;
- O produto é um relatório oral ou uma contribuição escrita.

Ao preparar o relatório completo, será considerado agrupar os resumos por análise das questões, conforme descrito a seguir:

- Primeiro, preparar resumos separados do que cada grupo disse em cada questão;
- Depois, comparar os grupos para chegar aos principais temas;
- Assumir um grupo estruturado moderadamente;
- O produto final apresenta e discute os temas principais em todo conjunto de discussões.

Além disso, para o relatório de apresentação de resultados, será importante trazer análises detalhadas das transcrições, considerando:

- Primeiro, comparar as respostas entre perguntas e grupos para desenvolver os principais temas;
- Em seguida, relacionar os temas entre si, dentro e através das transcrições para integrar conclusões;
 - Essa é praticamente a única opção com grupos pouco estruturados;
- O produto final deve evidenciar procedimentos de análise sistemática.

7 FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

A aplicação da ferramenta de Avaliação de Preocupações da Comunidade requer um claro entendimento da situação ambiental e de como os membros da comunidade e partes interessadas percebem o(s) risco(s) colocados pela situação ambiental. Dessa forma, a ferramenta de Avaliação de Preocupações da Comunidade será realizada após a execução das reuniões do grupo focal de discussões.

A ferramenta de Avaliação de Preocupações da Comunidade tem como objetivo prover uma sensação aproximada do nível de preocupação com a comunidade. Essa avaliação será executada por mais de um membro da equipe responsável pelo levantamento das preocupações da comunidade, a fim de comparar os resultados e avaliar se são coerentes.

A ferramenta consiste em uma lista de perguntas a serem preenchidas pelos responsáveis pelo levantamento das preocupações da comunidade, apresentado a seguir.

Um questionário que possuir uma quantidade majoritária de respostas afirmativas indica probabilidade de haver um alto nível de preocupação na comunidade – assim como uma quantidade majoritária de respostas negativas indica probabilidade de um baixo nível de preocupação. Caso as respostas não apresentem uma tendência clara, será considerado que a comunidade possui um nível mais alto de preocupação, para que não haja subestimação.

Entrevistas ou grupos focais de discussão adicionais são recomendados caso não haja conhecimento ou consenso para responder ao questionário.

Pergunta	Sim	Não	Não é possível responder
1. A exposição química é involuntária, em oposição à voluntária (por exemplo, um acidente de derramamento químico vs. uma exposição no local de trabalho)			
2. A exposição química é percebida como controlada por outros, em oposição a controle individual (por exemplo, no abastecimento de água de uma cidade vs. um lugar que pode ser facilmente evitado)?			
3. A exposição é percebida como distribuída injustamente (por exemplo, afetando uma certa parte da cidade ou uma certa população vs. a cidade inteira igualmente ou aleatoriamente)?			
4. A exposição tem efeitos dramáticos, de longa duração na comunidade (por exemplo, pessoas não conseguem viver em algum bairro ou tiveram suas propriedades destruídas vs. algo que pode ser limpo)?			
5. A exposição parece afetar mais crianças do que adultos?			
6. Houve mortes ou doenças severas que são percebidas como diretamente atribuíveis à exposição química ou antecipam-se mortes ou doenças severas?			
7. A mídia e/ou o público veem o evento como o "primeiro", "pior" ou "maior" do seu tipo?			
8. A comunidade percebe que a resposta dos entes públicos e outras autoridades até então tem sido inadequada ou devagar?			

8 BIBLIOGRAFIA

ATSDR. Public Health Assessment Guidance Manual (Update). U.S. Department of Health and Human Services. January 2005.

Hennink, M. International Focus Group Research, A Handbook for the Health and Social Sciences. Cambridge University Press. 2007

Morgan, D. Focus Groups from Start to Finish. JPSM. Portland State University. May 27-28, 2008.