



DIRETRIZES GERAIS DE RECUPERAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A

BACIA DO RIBEIRÃO FERRO-CARVÃO

VERSÃO 03



Belo Horizonte – MG

Dezembro 2022

SUMÁRIO

<i>DISCLAIMER</i>	9
SUMÁRIO EXECUTIVO	10
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. HISTÓRICO DO PROCESSO	20
3. OBJETIVOS	31
4. ABRANGÊNCIA.....	33
5. PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO.....	49
5.1. Macrofluxo do Processo da MCA – Recuperação da bacia do ribeirão Ferro-Carvão 50	
5.1.1. Identificação do problema	55
5.1.2. Coleta de dados e identificação das alternativas	56
5.1.3. Escolha da melhor alternativa.....	58
5.1.4. Execução e monitoramento	70
6. PREMISSAS GERAIS	71
6.1. Não interferência nas operações de buscas pelo CBMMG	71
6.2. Remoção dos rejeitos	71
6.3. Descomissionamento das estruturas de contenção	72
6.4. Criação de área protegida na bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão .	73
6.5. Zoneamento proposto no <i>Master Plan</i>	74
6.6. Premissas Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022	75
7. <i>MASTER PLAN</i>	80
8. ETAPAS QUE ANTECEDEM A RECUPERAÇÃO	84
8.1. Liberação da Área.....	84
8.2. Avaliação da Área.....	85
8.3. Elaboração de projetos	90
8.4. Execução da Recuperação	91
9. FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA.....	92

9.1.	Diagnóstico de Usos Sociais.....	92
9.2.	Estudos Geoquímicos.....	94
9.3.	Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem 103	
9.4.	Índice de Integridade Ecológica	106
9.4.1.	Tipificação dos Cursos de Água e Definições para Adensamento de Estudos.....	108
9.5.	Estudos Geológicos e Geotécnicos	111
9.5.1.	Andamento da campanha de sondagens.....	111
9.5.2.	Investigações geofísicas (eletrorresistividade).....	113
9.5.3.	Definição das cotas de elevação topográfica que caracterizam o topo do terreno natural (superfície sub-rejeito)	114
9.5.4.	Modelos Geológicos 3D.....	116
9.6.	Estudo Hidrogeomorfológico.....	117
9.7.	Estudos Hidrológicos	120
9.7.1.	Plano de monitoramento hidrométrico e sedimentométrico.....	121
9.8.	Estudos Hidráulicos	127
10.	INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS AOS PROJETOS DE RECUPERAÇÃO.....	129
10.1.	Considerações iniciais	129
10.2.	Projeto do conceito da recuperação socioambiental	132
10.3.	Projeto conceitual de calhas fluviais e planícies.....	134
10.4.	Projeto executivo de recuperação socioambiental	138
10.5.	Acompanhamento dos projetos executivos de recuperação socioambiental 143	
11.	SUBSÍDIOS PARA A CONCEPÇÃO DAS ALTERNATIVAS.....	145
12.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
13.	GOVERNANÇA DO PROCESSO	149
14.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas do planejamento para a recuperação da bacia do Ferro-Carvão	18
Figura 2. Linha do Tempo dos principais acontecimentos relacionados ao Diretrizes	30
Figura 3. Abrangência do Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.....	34
Figura 4. Abrangência dos estudos de base	47
Figura 5. Dimensões a serem consideradas para a recuperação sustentável da bacia do ribeirão Ferro-Carvão.....	49
Figura 6. Macrofluxo da MCA para Recuperação Sustentável da bacia do ribeirão Ferro-Carvão	53
Figura 7. Compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão para os <i>workshops</i> de definição do conceito da recuperação socioambiental.....	54
Figura 8. Detalhe do primeiro passo da Fase 01 da 3ª Etapa do Macrofluxo...	59
Figura 9. Detalhe do segundo passo da Fase 01 da 3ª Etapa do Macrofluxo..	62
Figura 10. Fluxograma da fase do sistema decisório para a recuperação da bacia do Ferro-Carvão	66
Figura 11. <i>Stakeholders</i> e suas instituições que participarão do processo de escolha da melhor alternativa.....	67
Figura 12. Detalhe da Fase 02 da 3ª Etapa do Macrofluxo	68
Figura 13. Previsão de comissionamento e descomissionamento das estruturas.	73
Figura 14. Limite proposto para o Parque Municipal Ferro-Carvão.....	79
Figura 15. Fluxograma geral do processo metodológico de avaliação e emissão de parecer técnico da remoção de rejeito na Zona Quente até a cota zero.....	88
Figura 16. Localização das amostras de rejeito	96
Figura 17. Concentrações dos elementos majoritários nos rejeitos e solos não afetados.....	101
Figura 18. Modelo de avaliação gráfica.....	102
Figura 19. Abrangência do estudo Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem	104

Figura 20. Total de sondagens executadas em relação as planejadas inicialmente ao longo da mancha	112
Figura 21. Pseudosseção geofísica S209 e a respectiva seção geológico-geotécnica.....	114
Figura 22. Localização das seções fluviais de monitoramento hidrossedimentométrico complementar na Bacia do Ferro-Carvão.....	123
Figura 23. Conjunto de réguas linimétricas instaladas nas estações	125
Figura 24. Estrutura de cabo teleférico implantada nas estações. O sistema de cabo teleférico é um conjunto de equipamentos e infraestrutura utilizado para possibilitar a realização de medição de vazão e sedimento em estações fluviométricas.	126
Figura 25. Estrutura de cercado de tela e estação de leitura de nível por radar com transmissão de telemetria implantada nas estações	126
Figura 26. Destaque dos projetos no processo de tomada de decisão.....	131
Figura 27. Integração dos estudos aos projetos de recuperação.....	132
Figura 28. Integração dos estudos ao conceito da recuperação socioambiental	133
Figura 29. Integração dos estudos ao projeto do conceito de calhas fluviais e planícies	136
Figura 30. Integração dos estudos ao projeto executivo de recuperação socioambiental.	140
Figura 31. Integração dos estudos ao acompanhamento do projeto executivo de recuperação socioambiental.....	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da votação dos pesos dos Critérios X Alternativas para uma situação hipotética de 09 critérios e 03 alternativas.	61
Tabela 2. Duração estimada de cada etapa de avaliação da área.....	89
Tabela 3. Entregas realizadas para o Diagnóstico de Usos Sociais.	93
Tabela 4. Entregas realizadas e/ou previstas para a Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem.	106
Tabela 5. Distância entre as verticais (profundidades) com base na largura da superfície da água do canal	110
Tabela 6. Entregas realizadas para o estudo do Índice de Integridade Ecológica	110
Tabela 7. Entregas realizadas para os Estudos Geológicos e Geotécnicos. .	117
Tabela 8. Entregas realizadas para o Estudo Hidrogeomorfológico.....	120
Tabela 9. Entregas realizadas e/ou previstas para os Estudos Hidrológicos. .	121
Tabela 10. Seções fluviais de monitoramento hidrossedimentométrico nas bacias do ribeirão Ferro-Carvão e ribeirão Casa Branca.....	124
Tabela 11. Entregas realizadas para os Estudos Hidráulicos	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Planos/programas/projetos no âmbito do Plano de Reparação Socioambiental protocolados até o momento.....	37
Quadro 2. Descrição do passo a passo da 1ª Etapa do Macrofluxo.	55
Quadro 3. Descrição do passo a passo da 2ª Etapa do Macrofluxo.	56
Quadro 4. Cronograma e histórico de Etapas do Diretrizes conforme Macrofluxo	148

LISTA DE SIGLAS

ADA	Área Diretamente Afetada
AJRI	Acordo Judicial de Recuperação Integral
AUR	Área de Uso Restrito
B-I	Barragem I
B-IV	Barragem IV
B-IVA	Barragem IVA
B-VI	Barragem VI
BEC	Barreira de Estabilização de Calha
BH0	Barreira Hidráulica 0
BH1	Barreira Hidráulica 1
BH2	Barreira Hidráulica 2
CBMMG	Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
CBH	Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DTR	Depósito Temporário de Rejeitos
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ETAF1	Estação de Tratamento de Águas Fluviais 1
ETAF2	Estação de Tratamento de Águas Fluviais 2
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
GPR	<i>Ground Penetrating Radar</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IEF	Instituição Estadual de Florestas
LOC	Licença de Operação Corretiva
MCA	Análise Multicritério
MPMG	Ministério Público de Minas Gerais
PCA	Plano de Controle Ambiental
PME	Programa de Monitoramento Emergencial da Qualidade da Água e dos Sedimentos
PMR	Plano de Manejo de Rejeitos
PRAD	Plano de Reparação de Áreas Degradadas
PRSA	Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba
RAD	Recuperação de Áreas Degradadas
RL	Reserva Legal
RIMA	Relatório de Impactos Ambientais
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SM	Sondagem Mista
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SP	Sondagem à Percussão
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
ST	Sondagem a Trado
SUPPRI	Superintendência de Projetos Prioritários
UFV	Universidade Federal de Viçosa

DISCLAIMER

Referência: Processo nº 2090.01.0000103/2021-09.

Este documento foi elaborado em resposta ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, encaminhado à Gerência Executiva de Gestão Ambiental da Vale, em 09 de setembro de 2022 (SEI 52780906).

No Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022 foram apresentadas as manifestações dos órgãos do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) quanto à análise dos documentos associados as Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão do Plano de Reparação Socioambiental da bacia do rio Paraopeba (PRSA), por meio da Nota Técnica nº 39/FEAM/GERAI/2022 (SEI 52597381).

A referida manifestação contempla a análise do documento “Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão”, protocolados via Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0460/2022, no dia 08/04/2022 (SEI 44919382).

Adicionalmente à Nota Técnica, a construção desta manifestação também considerou o resultado da análise da auditoria independente contratada pelo Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), a AECOM, que por meio da Nota Técnica AECOM N.º NT N.º 60612553-ACM-DMZZ-TN-PM-0025-2022 (SEI 49551683) se manifestou quanto ao documento protocolado por meio da C.EXT. 0460/2022.

Destaca-se que em 10/10/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 (SEI 54507227), foram enviadas respostas parciais ao ofício em epígrafe, sendo solicitada prorrogação de prazo referente aos demais atendimentos para 09/12/2022.

Portanto, o presente relatório é denominado como Bloco 2 do relatório de “Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão”, que considera a totalidade das informações solicitadas, e tem como objetivo demonstrar o andamento dos estudos, bem como resultados e próximos passos.

SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente documento apresenta as diretrizes gerais de recuperação sustentável para o Ribeirão Ferro-Carvão, pós-rompimento da barragem B-I, que afetou também as barragens B-IV e B-IVA, e será chamado nesta versão somente por “Diretrizes”.

O Diretrizes é um projeto que está contido no Plano de Reparação Socioambiental – PRSA protocolado recentemente em 17/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0973/2022 (SEI 32423947).

O referido projeto contempla especialmente a metodologia e as etapas necessárias para a elaboração, definição e aprovação das alternativas conceituais de recuperação a serem aplicadas a cada compartimento, para que, posteriormente, sejam elaborados e implantados os projetos executivos de recuperação.

Assim, o documento está dividido em 14 partes principais a saber:

1. Introdução

É apresentado no item conceitos importantes para o entendimento das informações apresentadas, em especial as perspectivas macro (*Master Plan*) e micro do processo (demais projetos referentes aos compartimentos), bem como os conceitos de recuperação e restauração.

Busca-se o restabelecimento dos ciclos naturais das matérias e a eliminação dos fatores de impacto, bem como os fluxos de energia, resultando em áreas resilientes que possuam processos de regeneração natural, ou seja, restabelecendo as dinâmicas e funções ecológicas dos ecossistemas.

2. Histórico do processo

Neste item faz-se uma contextualização de todas as tratativas até então, demonstrando o estágio de maturação do processo. Ao final é apresentada a linha do tempo dos principais acontecimentos relacionados ao Diretrizes, em especial a aprovação da metodologia MCA proposta em 2020.

3. Objetivos

Conforme explicitado no item em epígrafe o objetivo geral do documento é a estruturação do processo de recuperação sustentável do ribeirão Ferro-Carvão, com base em diretrizes e ações fundamentadas em critérios e aspectos

fundiários, ambientais, sociais, urbanísticos e de engenharia, na medida em que incorpora em suas análises o *Master Plan*.

No item há também explicitado quais os objetivos específicos deste documento.

4. Abrangência

O item detalha a abrangência do Diretrizes (as áreas diretamente impactadas pelo rompimento da B-I, nos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão e seus tributários).

São explicitadas ainda peculiaridades relacionadas ao item, em especial a abrangência de outros estudos, planos e programas referentes também à recuperação do ribeirão Ferro-Carvão, que extrapolam a abrangência do Diretrizes.

5. Processo de tomada de decisão

O item em epígrafe é bastante robusto e detalha todas as etapas desde a identificação do problema até a execução e o monitoramento do processo de recuperação, a saber:

- Identificação do problema;
- Coleta de dados e identificação das alternativas;
- Escolha da melhor alternativa;
- Execução e monitoramento.

Destaca-se que é explicitada a ferramenta MCA – *Multi-Criteria Analysis* que será utilizada como suporte para a tomada de decisão.

O processo envolve diferentes *stakeholders*, bem como estão pautadas por diferentes estudos em desenvolvimento e as atividades que antecedem a recuperação são prementes para o início dos trabalhos de recuperação propriamente ditos.

6. Premissas gerais

No item são apresentadas as premissas gerais utilizadas para a proposição/definição das soluções a serem implementadas nos diferentes compartimentos a saber:

- Não interferência nas operações de buscas pelo CBMMG;
- Remoção dos rejeitos;

- Descomissionamento das estruturas de contenção;
- Criação de área protegida na bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão;
- Zoneamento proposto no *Master Plan*;
- Recomendações de premissas no Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022.

7. Master Plan

Conforme explicitado no item, a última versão do *Master Plan* foi protocolada em 31/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 (SEI 52368481). Destaca-se que por ocasião do bloco 1 de respostas, ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, em 10/10/2022 (Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 (SEI 54507227)) foi protocolado o documento “*Master Plan: Abrangências*” em complementação à versão do documento de agosto de 2022.

Ao final do *Master Plan* é apresentado um estudo integrado dos diferentes temas propondo três zonas: Zona Legalmente Protegida – ZLP (250 ha); Zona Potencial de Uso Antrópico – ZPUA (45 ha) e Zona Potencial de Usos Sustentável e Conservação – ZPUSC (487 ha)

8. Etapas que antecedem a recuperação

O planejamento inicial da recuperação ambiental visa garantir o cumprimento de uma série de etapas para o início efetivo em campo da execução dos projetos de recuperação.

No item em epígrafe são detalhadas essas etapas que é iniciado pela remoção dos rejeitos (PMR), passando pela liberação de cada uma das áreas pelo CBMMG e pela engenharia e ainda por avaliação dos processos de limpeza dos rejeitos. Após a limpeza far-se-á a caracterização geométrica e a análise química do solo das superfícies remanescentes, e por fim a elaboração dos respectivos projetos conceituais e executivos.

9. Fundamentação Técnica

Os projetos de recuperação a serem desenvolvidos devem estar fundamentados em informações técnicas disponibilizadas nos diversos estudos que irão fornecer os subsídios ambientais, sociais e técnicos para o desenvolvimento dos projetos específicos de cada compartimento. É importante

ressaltar que alguns desses estudos estão sendo conduzidos, acompanhados e reportados no âmbito de outros processos.

Neste item são explicitados os seguintes estudos:

- Diagnóstico de usos sociais;
- Estudos Geoquímicos;
- Avaliação de áreas prioritárias para conectividade: análises de ecologia da paisagem;
- Índice de Integridade Ecológica;
- Estudos geológicos e geotécnicos;
- Estudo hidrogeomorfológico;
- Estudos hidrológicos;
- Estudos hidráulicos;

Esses são utilizados na concepção das ações e monitoramentos para cada compartimento a ser recuperado, conforme pode ser observado no item seguinte – Integração dos estudos aos projetos de recuperação.

10. Integração dos estudos aos projetos de recuperação

Para a concepção e desenvolvimento dos projetos, as informações geradas nos estudos citados no item anterior são utilizadas nas diferentes fases conforme pode ser observado no item em epígrafe, a saber:

- Projeto do conceito da recuperação socioambiental;

Este projeto apresenta o conceito da recuperação do compartimento, indicando as áreas onde ocorrerão restauração florestal, acessos, uso antrópico, entre outras medidas de cunho geral.

✓ Estudos necessários:

- ❖ *Master Plan*;
- ❖ Diagnóstico de percepções sociais das áreas de remansos;
- ❖ Benefícios da restauração florestal para a conectividade da paisagem do ribeirão Ferro-Carvão;
- ❖ Capítulo 1 do PRSA;
- Projeto conceitual de calhas fluviais e planícies

Este projeto apresenta, em nível básico, o conceito de recuperação das calhas fluviais e planícies do compartimento, indicando o caminhamento do

curso d'água, a geometria e fundo do canal, estruturas de controle necessárias, medidas para reconformação e estabilização dos terrenos. Também apresenta as diretrizes técnicas para a revegetação inicial e restauração florestal.

✓ Estudos necessários:

- ❖ Projeto do conceito da recuperação;
- ❖ Estudos hidráulicos;
- ❖ Estudos hidrológicos;
- ❖ Estudos hidrogeomorfológicos;
- ❖ Investigações geológicas e geotécnicas;
- ❖ Topografia sub-rejeito;
- ❖ Informações sobre a fauna;
- ❖ Programas do PRAD.

- Projeto executivo de recuperação socioambiental:

O projeto apresenta, em nível executivo, a recuperação das calhas fluviais e planícies do compartimento, detalhando as ações de engenharia e meio ambiente, bem como o monitoramento dos indicadores de acompanhamento da recuperação, de maneira a permitir a contratação da implantação da recuperação.

✓ Estudos necessários:

- ❖ Projeto de calhas fluviais e planícies;
- ❖ Estudos hidráulicos;
- ❖ Estudos Hidrogeomorfológicos;
- ❖ Topografia sub-rejeito;
- ❖ Estudos hidrológicos;
- ❖ Investigações geológicas e geotécnicas;
- ❖ Informações sobre a fauna;
- ❖ PRAD e Programas.

Cada projeto executivo terá monitoramentos e indicadores de acompanhamento específicos, estes últimos selecionados do PRAD do PRSA.

11. Subsídios para a Concepção das Alternativas

O objetivo principal deste item é apresentar os subsídios sociais, ambientais e de engenharia para a concepção das alternativas conceituais para

a recuperação socioambiental dos Remansos 1, 2 e 3. São apresentadas também as informações referentes aos cenários de pré e pós-rompimento, premissas e critérios.

Conforme as etapas descritas neste documento o conceito da recuperação será selecionado em *workshop* a partir de projetos conceituais alternativos definidos em reunião prévia com o SISEMA e a auditoria ambiental, utilizando o documento Subsídios para a Concepção das Alternativas.

12. Considerações finais

Desde sua primeira versão, o Diretrizes vem incorporando uma série de melhorias, associadas tanto aos ofícios quanto às recomendações da auditoria que permitiram o aperfeiçoamento dos estudos e amadurecimento dos processos que contribuem para tornar legítima e seguramente técnica a escolha da melhor alternativa de recuperação socioambiental de cada compartimento.

Considerando que a densidade de informações, premissas e critérios analisados sobre as alternativas propostas para os primeiros compartimentos encontram-se de tal forma amadurecidas para serem colocadas em discussão junto à auditoria e aos órgãos reguladores, os próximos esforços serão envidados na continuidade das etapas prevista no Macrofluxo quais sejam: Reunião AECOM e SISEMA e Workshop com comunidades e demais stakeholders.

13. Governança do processo

O item demonstra como será realizada a governança de todo o processo, ressaltando que a tomada de decisão envolverá o SISEMA e suas instituições, a AECOM e demais partes interessadas (comunidades, prefeitura de Brumadinho, Comitê Pró-Brumadinho e Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba).

14. Referências bibliográficas

Estão dispostas as referências bibliográficas utilizadas no presente documento.

Há nos anexos documentos de suporte com o detalhamento dos assuntos mais complexos, os quais necessitam de detalhamento, bem como respostas individualizadas ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, referentes a questões explicativas.

Acompanha ainda este documento uma planilha que considera todas as recomendações apresentadas no Ofício FEAM/GERAI nº. 150/2021, no Ofício FEAM/GERAI nº. 224/2021 e no Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022 com esclarecimentos e indicação da localização das informações solicitadas.

Destaca-se que se busca reunir e apresentar, neste documento, as informações necessárias para a continuidade das ações da recuperação em epígrafe.

É importante salientar ainda que este documento tem caráter dinâmico, ou seja, à medida dos avanços dos estudos, outras informações serão integradas ao processo e assim espera-se o aperfeiçoamento contínuo das informações contidas neste relatório.

1. INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem B-I em 25 de janeiro de 2019 trouxe uma série de consequências socioambientais para a região da bacia do ribeirão Ferro-Carvão e seu entorno, sendo então premente um planejamento abrangente e integrado para a recuperação funcional da área atingida.

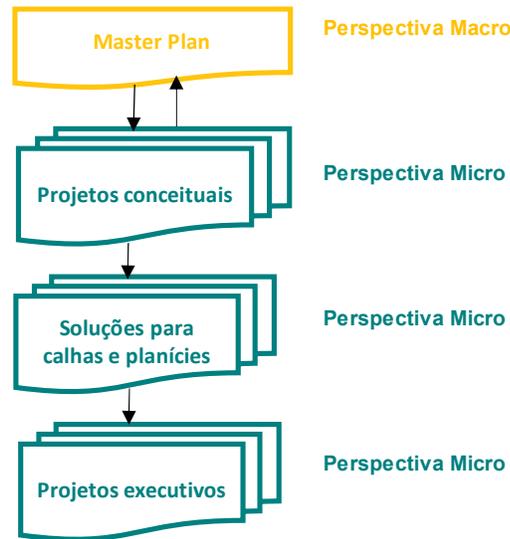
É importante destacar que, para o sucesso das proposições, faz-se necessário estabelecer um planejamento de uso futuro do território em uma perspectiva macro (*Master Plan*), ou seja, um guia para subsidiar definições posteriores, por ocasião do detalhamento das soluções (perspectiva micro).

Os projetos conceituais a serem desenvolvidos para cada compartimento da área da mancha de rejeito devem ser orientados, não somente pelas características específicas daquele trecho, mas também devem estar inseridos dentro de um contexto geográfico maior que considere outras ações e planejamentos desenvolvidos no território, bem como estudos desenvolvidos e a legislação pertinente.

Propõe-se então que o processo decisório seja realizado em diferentes perspectivas e etapas as quais podem ser divididas em (**Figura 1**):

- Perspectiva macro: *Master Plan* (protocolado em 31/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 - SEI 52368481)
- Perspectiva micro:
 - ✓ Conceito de Recuperação Socioambiental de cada compartimento;
 - ✓ Projetos Conceituais de Calhas Fluviais e Planícies
 - ✓ Projeto Executivo.

Figura 1. Etapas do planejamento para a recuperação da bacia do Ferro-Carvão



Fonte: Vale, 2022.

Destaca-se ainda que o termo “restauração” e “recuperação” possui ambiguidades e conceitos diversos em trabalhos científicos, bem como na legislação brasileira. Destaca-se o trabalho de Nery et al (2013) o qual afirma que:

“Restauração” representa uma prática obrigatória, que atende a necessidades impostas pela Constituição Brasileira para a reparação de danos ambientais. Contudo, a conceituação legal de “restauração” é diferente do conceito legal de “recuperação”, que é mais flexível quanto aos objetivos e é a atividade que aparece como obrigatória em leis específicas como o novo código florestal.”

A Lei Federal 9.985/2000 inclui ambos os termos “recuperação” e “restauração”, sendo a única norma entre as analisadas por Nery et al, 2013 a apresentar uma definição:

Artigo 2.

XIV. Restauração é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original;

XIII. Recuperação é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original. (Lei Federal 9.985/2000).

Conforme preconizado pela Constituição Federal, o termo “restauração ecológica” deve ser usado quando o objetivo é alcançar uma comunidade que

se mantenha ao longo prazo, visando prioritariamente a conservação da biodiversidade (SER, 2004 apud NERY et al, 2013).

É inegável que se busca, neste projeto, o restabelecimento dos ciclos naturais da matéria, bem como os fluxos de energia, resultando em áreas resilientes que possuam processos de regeneração natural.

Conforme disposto nas diferentes etapas deste documento, bem como no Plano de Reparação Socioambiental, em especial no Capítulo 3, busca-se a eliminação de fatores de impacto e o restabelecimento das dinâmicas e funções ecológicas dos ecossistemas.

É importante ainda ressaltar a importância do restabelecimento da função social da área, conforme disposto no acordo judicial de 2021.

Destaca-se também que no Plano Diretor do Município de Brumadinho (em aprovação) há a restrição do não comprometimento da qualidade de vida dos moradores em aproximadamente 97% (Macrozona de Requalificação Urbanística, Econômica e Ambiental) da área do *Master Plan*, indicando a importância da função social da área de abrangência do Diretrizes. Assim, as soluções para cada compartimento serão feitas individualmente, considerando suas peculiaridades, potenciais e restrições. Nas diferentes etapas serão realizados os detalhamentos necessários para a implementação e monitoramento das ações.

Assim, serão envidados esforços para priorizar as ações de restauração, em especial nas áreas anteriormente ocupadas por vegetação nativa, bem como as Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e Área de Uso Restrito (AUR). Na impossibilidade da restauração, serão apresentadas as respectivas justificativas para a realização de ações de recuperação, visando o retorno do sítio degradado a uma forma de aproveitamento, de acordo com a utilização futura do uso do solo, objetivando à obtenção de uma estabilidade socioambiental do território.

Este documento apresenta as diretrizes gerais para recuperação do ribeirão Ferro-Carvão atualizadas e adequadas conforme tratativas com os órgãos de controle, em especial o Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, Ofício FEAM/GERAI nº. 150/2021, o Ofício FEAM/GERAI nº. 224/2021 e o Ofício FEAM/GERAI nº. 36/2022.

2. HISTÓRICO DO PROCESSO

Em 25/01/2019, ocorreu o rompimento da barragem B-I, que afetou também as barragens B-IV e B-IVA, do Complexo da mina de Córrego do Feijão, espalhando rejeitos do processo de beneficiamento úmido de minério de ferro pela calha do ribeirão Ferro-Carvão.

Por meio do Auto de Fiscalização nº 64.499/2019 de 26/01/2019 a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) determinou inicialmente a suspensão de todas as operações da Vale S.A. na mina de Córrego do Feijão, ressalvadas as ações emergenciais pertinentes. Dentre as ações requeridas pelo SISEMA imediatamente após o rompimento da barragem pode-se citar a devida remoção e adequada disposição da massa de rejeito vazada, de modo a garantir que fossem cessados os fluxos de sedimentos e, assim, eliminar os possíveis efeitos geoquímicos inadequados às áreas afetadas, bem como demais providências relacionadas à proteção ambiental dadas as consequências do evento, notadamente sobre a fauna silvestre e doméstica, terrestre e aquática, a flora e recursos hídricos.

Em 08 de fevereiro de 2019, com base no art. 126, inciso II do Decreto Estadual nº 47.383 de 02/03/2018 e Artigo 8º da Resolução Conjunta SEMAD/IEF Nº 1.905/2013, foi protocolado na Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM comunicado informando o início das obras emergenciais, dragagem e contenção de rejeitos no rio Paraopeba e no ribeirão Ferro-Carvão. Também foram anexados ao comunicado os primeiros relatórios desenvolvidos pela equipe técnica, referentes as “Ações a Serem Realizadas no ribeirão Ferro-Carvão – Trecho 1” e as “Ações Planejadas a Serem Realizadas no Rio Paraopeba – Trecho 2”. O mesmo comunicado e relatórios anexos foram protocolados nos demais órgãos, DEAMB, IGAM, SEMAD, SUPPRI, em 11/02/19.

Em 09 de maio de 2019, 90 dias após o protocolo do comunicado do início das obras emergenciais realizado em 08/02/2019, conforme estabelece a Resolução Conjunta SEMAD/IEF 1905/2013, foi formalizado na SUPRAM/CM processo de Licença de Operação Corretiva - LOC (PA COPAM 245/2004/052/2019) para a regularização ambiental das intervenções

emergenciais comunicadas aos órgãos, referentes as obras de reparação do dano ambiental causado pelo rompimento da barragem B-I. Para este processo, em atendimento ao FOBI, foram gerados o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental (EIA-RIMA), bem como o respectivo Plano de Controle Ambiental (PCA), elaborados pela empresa Amplo Engenharia e Gestão de Projetos Ltda.

Devido à dinâmica e à governança que norteiam o objetivo das intervenções reparatórias, mesmo após a formalização do processo da Licença de Operação Corretiva, os avanços/atualizações dos projetos e soluções para as obras emergenciais continuaram sendo consensados e avaliados em fóruns periódicos e multidisciplinares formados pelas instituições do SISEMA, representantes MPMG e do município de Brumadinho. Assim, as revisões pertinentes seguiram sendo formalizadas através de protocolos na SUPRAM/CM e nos demais órgãos componentes do SISEMA, por meio de versões atualizadas do Plano de Obras Emergenciais do ribeirão Ferro-Carvão e do rio Paraopeba a partir de 17/04/2019 até o presente momento.

Adicionalmente aos fóruns periódicos e multidisciplinares formados pelas instituições do SISEMA, a Vale ainda participa de reuniões periódicas semanais/mensais com a AECOM, auditoria técnica e ambiental independente contratada pelo MPMG, para avaliação e acompanhamento das atividades de reparação em curso no Complexo Paraopeba, em decorrência da ruptura da barragem B-I da mina de Córrego do Feijão.

Dentre as várias reuniões ocorridas, fóruns multidisciplinares periódicos e fiscalizações em campo dos órgãos ambientais para acompanhamento das atividades realizadas na região do Marco Zero, posteriores protocolos e demais compromissos assumidos em atendimento as solicitações feitas, cabe destacar:

- Em 27 de maio de 2019 foi protocolada a proposta de restauração da calha do ribeirão Ferro-Carvão, em atenção aos assuntos tratados na reunião do Comitê Pró-Brumadinho da Vice Governadoria de MG de 14 de maio de 2019. Esta mesma proposta foi apresentada em anexo ao Plano de Obras Emergenciais do ribeirão Ferro-Carvão protocolado em 31 de maio de 2019, onde foi apresentada a proposta de utilização do sistema *Vertical Green Wall Water*® para

reconformação da calha do ribeirão Ferro-Carvão no trecho entre a estrada Alberto Flores e sua confluência com o rio Paraopeba;

- Em 19 de junho de 2019 foram protocolados o relatório “Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - Atualização” e o estudo elaborado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) sobre a avaliação da necessidade de remoção do rejeito no Marco Zero, em atendimento ao solicitado em reunião de alinhamento ocorrida em 18/06/2019;
- Em 09 de agosto de 2019 foi protocolado relatório com as atualizações referentes as obras emergenciais, onde constavam as atividades que integram o conjunto de ações no trecho denominado Marco Zero em atendimento a solicitação feita em reunião de acompanhamento ocorrida em 31/07/2019;
- Em 19 de agosto de 2019 foi realizada vistoria dos órgãos fiscalizadores (AF 82638) para acompanhamento em campo da implantação das obras e do cumprimento das ações planejadas, apresentadas e discutidas nas reuniões periódicas. Na oportunidade, foi vistoriada a região do Marco Zero;
- Em 13 de setembro de 2019 em atendimento a solicitação feita em reunião de acompanhamento ocorrida em 03/09/2019 foi apresentado relatório consolidado atualizado de ações relativas ao Marco Zero, com detalhamento das informações de acessos, sistema *Vertical Green Wall Water®*, dragagem, monitoramentos, cortina estaca prancha 2 e todas as demais ações já informadas e protocoladas anteriormente;
- Em 25 de setembro de 2019 foi realizada vistoria dos órgãos fiscalizadores (AF 82640) para acompanhamento em campo da implantação das obras e do cumprimento das ações planejadas, apresentadas e discutidas nas reuniões periódicas. Na oportunidade, foi vistoriada a região do Marco Zero;
- Em 09 de outubro de 2019 foi realizada vistoria dos órgãos fiscalizadores (AF 82641) para acompanhamento em campo da implantação das obras e do cumprimento das ações planejadas,

apresentadas e discutidas nas reuniões periódicas. Na oportunidade, foi vistoriada a região do Marco Zero;

- Em 23 de outubro de 2019 foi realizada vistoria dos órgãos fiscalizadores (AF 82643) para acompanhamento em campo da implantação das obras e do cumprimento das ações planejadas, apresentadas e discutidas nas reuniões periódicas. Na oportunidade, foi vistoriada a região do Marco Zero;
- Em 29 de outubro de 2019 foi realizada reunião de acompanhamento com as instituições do SISEMA em que foi apresentada a proposta de solução a ser adotada pela Vale no Marco Zero para o trecho acima dos dutos da Transpetro (*Concrete Channel*), sendo que a solução proposta, para a área em questão, ainda estava em discussão e pendente de aprovação pela Transpetro;
- Em 17 de janeiro de 2020, em atendimento ao solicitado via e-mail do IEF datado de 13/01/20, foram enviadas as especificações técnicas relativas ao mix de sementes e critérios para definição das áreas onde o mix seria utilizado, bem como mapa das áreas em processo de revegetação;
- Em 21 de janeiro de 2020 foi realizada visita técnica nas obras da reparação, inclusive no Marco Zero, por representantes do Poder Judiciário, do MPMG e do SISEMA, que na oportunidade presenciaram, em campo, os trabalhos executados pela Vale em Brumadinho;
- Em 07 de fevereiro de 2020 foi protocolada complementação do relatório das ações emergenciais do Marco Zero em atendimento aos compromissos assumidos nas reuniões realizadas em 14/01/2020 e 30/01/2020;
- Em 20 de fevereiro de 2020 foi protocolada complementação do relatório do mix de sementes solicitada no Memorando IEF/GFOR nº 5/2020 acerca das especificações técnicas e do mapeamento de áreas em processo de revegetação;
- Em 26 de março de 2020 foi encaminhado relatório contendo os esclarecimentos e avaliações diante das complementações

apontadas no Ofício FEAM/GERAI nº 25/2020 – Memorando IEF/GFOR nº 11/2020 referentes ao mix de sementes;

- Em 07 de abril de 2020, em atenção ao solicitado na reunião realizada no dia 01/04/2020, entre Vale e IEF, foi encaminhado relatório contendo as ações gerais de Recuperação de Áreas Degradadas – RAD.
- Em 26 de maio de 2020, a Vale recebeu as manifestações dos órgãos referentes às ações de recuperação implementadas na região do Marco Zero, através do Ofício FEAM/GERAI nº 59/2020, encaminhando a Nota Técnica nº 3/IEF/DFAU/2020 e o Memorando IEF/GRAPE nº 12/2020, por sua vez, divergente ao apresentado pela FEAM por meio do Memorando FEAM/GERES nº 19/2020 e Memorando FEAM/GERAQ nº 41/2020, não refletindo os posicionamentos nas reuniões e documentos supracitados.
- Em 09 de junho de 2020, diante desse contexto, a fim de preservar a segurança jurídica dos entendimentos havidos entre as partes e evitar a configuração de comportamento contraditório por parte da Administração Pública, foi solicitado por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0640/2020 (SEI 15149865) a suspensão dos prazos constantes tanto na Nota Técnica nº 3/IEF/DFAU/2020 quanto no Memorando IEF/GRAPE. nº 12/2020, até que se fosse realizada uma reunião técnica para os devidos esclarecimentos.
- Em 01 de julho de 2020 realizou-se a reunião técnica entre a Vale, as instituições do SISEMA e a AECOM, na qual a Vale se comprometeu a elaborar um relatório, contemplando a fundamentação técnica e as diretrizes de recuperação sustentável planejadas para o ribeirão Ferro-Carvão, constando todas as respostas às questões trazidas pelos documentos mencionados e especificamente pela Nota Técnica nº 3/IEF/DFAU/2020 e pelo Memorando IEF/GRAPE nº 12/2020.
- Em 01 de setembro de 2020 foi protocolado em resposta ao Ofício FEAM/GERAI nº 59/2020 o relatório Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão,

prevendo uma etapa de calibração da metodologia de análise multicritério (MCA) proposta pela Vale.

- Em 20 de novembro de 2020 a calibração da metodologia MCA foi apresentada a AECOM em reunião técnica.
- Em 25 de janeiro de 2021, em reunião técnica a Vale apresentou ao SISEMA a calibração da metodologia MCA. E em 03 de março de 2021 uma foi realizada uma reapresentação, considerando a entrada de nova equipe técnica, da metodologia de calibração da MCA, também para o SISEMA.
- Através do Ofício FEAM/GERAI nº. 42/2021 foi solicitado um descritivo da “Calibração da Metodologia Análise Multicritério (MCA)” (27182084), em complementação ao descritivo já apresentado no documento “Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão” (24130179). Além de incluir um detalhamento macro do processo metodológico, no qual sejam descritos o fluxo das etapas pertinentes, considerando a definição das tomadas de decisão, definição dos critérios relativos às tomadas de decisão, atribuição de pesos aos critérios selecionados e pertinentes a cada tomada de decisão, definição conjunta das alternativas, aplicação da análise multicritério como processo decisório, entre outras, destacando o momento da participação de cada um dos atores envolvidos.
- Após o recebimento do Ofício FEAM/GERAI nº. 42/2021 foi apresentado em reunião realizada em 15 de abril de 2021 o *Master Plan* e as Premissas a serem consideradas nas Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.
- Após a reunião de 15/04/2021 foi encaminhado, também o Ofício FEAM/GERAI nº. 49/2021 que encaminhou o Despacho nº 95/2020/IGAM/GMHEC (24130189), no qual foi solicitado o detalhamento dos estudos hidrodinâmicos e hidrológicos realizados na região; que fossem considerados os estudos hidrológicos, para a determinação das vazões de margens plenas; os levantamentos de campo e não somente os dados recorrentes na literatura com

períodos de retorno de 1,02 a 5 anos e, por fim, que fosse apresentado o detalhamento da metodologia a ser adotada para o desenvolvimento do Índice de Integridade Ecológica.

- Em 30 de junho de 2021 foi protocolado um relatório resposta em atendimento ao Ofício FEAM/GERAI nº. 42/2021 e Ofício FEAM/GERAI nº. 49/2021.
- Em 04 de setembro foi recebido o Ofício FEAM/GERAI nº 150/2021 apresentando as manifestações das instituições do SISEMA quanto à análise dos documentos associados as Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão do Plano de Reparação Socioambiental da bacia do rio Paraopeba, através da Nota Técnica nº 37/FEAM/GERAI/2021 (34842359). Adicionalmente à Nota Técnica, considerou a análise da auditoria independente contratada pelo MPMG, a AECOM, por meio da Nota Técnica AECOM N.º 60612553-ACM-DM-ZZ-TN-PM-0002/2021 (27182168), especificamente em relação as “Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão” (24130179).
- Em 22 de outubro de 2021, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1498/2021 (SEI 37035306), foram protocolados os esclarecimentos (Etapa 1) solicitados em ambas as Notas Técnicas, supracitadas, diretamente relacionadas com a metodologia de análise multicritérios (MCA), proposta pela Vale para a recuperação sustentável dos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão impactados pelo rompimento da barragem B-I (área da mancha). Nesta mesma correspondência foi informado que no dia 23 de fevereiro de 2022 seria realizado o protocolo da Etapa 2 contendo os demais itens do Ofício FEAM/GERAI 150/2021.
- Em 30 de dezembro de 2021 foi recebido o Ofício FEAM/GERAI nº. 224/2021 encaminhando a Nota Técnica nº 57/FEAM/GERAI/2021, solicitando esclarecimentos relacionados à Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1498/2021 (SEI 37035306), bem como

realização de um teste da metodologia MCA junto à equipe técnica do SISEMA;

- Em 21 de janeiro de 2022 foi protocolada a resposta ao Ofício FEAM/GERAI nº. 224/2021, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0146/2021 (SEI 24999720).
- Em 15 de fevereiro de 2022 foi realizado o teste da metodologia MCA, tendo como principais encaminhamentos:
 - ✓ Envio formal da Vale de um ofício como proposta de alteração da data de entrega do documento Diretrizes Etapa 2 e demais datas propostas para toda aplicação da Metodologia de Análise Multicritério (MCA);
 - ✓ Considerar as recomendações propostas ao longo da reunião, no documento a ser entregue no Diretrizes Etapa 2 e na aplicação da metodologia da MCA;
 - ✓ Incluir CBH Paraopeba como uma instituição participante do *workshop* e garantir sua capacitação prévia.
- Em 23 de fevereiro de 2022, propôs-se a prorrogação de prazo da entrega da Etapa 2 do Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão por meio da correspondência Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0243/2022 (SEI 42738493).
- Em 23 de fevereiro de 2022, foi protocolado o documento “Relatório Integrado das Ações de Recuperação Ambiental na área do Marco Zero” por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0242/2022 (SEI 42738672). O referido relatório permite uma visão integrada do processo de recuperação ambiental em curso diante da evolução do conhecimento sobre a dinâmica ambiental da área, tendo por objetivo atender às recomendações específicas do Marco Zero, recebidas por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 150/2021.
- Em 24 de fevereiro de 2022, foi recebido o Ofício FEAM/GERAI nº. 36/2022 solicitando esclarecimentos quando à disponibilização do relatório final do processo de consulta a produtores rurais e indústrias

de mineração, bem como envio dos resultados do teste da metodologia da análise multicritério (MCA).

- Em 11 de março de 2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0318/2022, foram protocoladas as respostas ao Ofício FEAM/GERAI nº. 36/2022.
- Em 24 de março de 2022 foi realizado teste da análise multicritério junto ao Ministério Público e AECOM.
- Em 08 de abril de 2022 foi protocolada, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0460/2022 (SEI 44919382), resposta ao Ofício FEAM/GERAI 150/2021, contendo informações referentes as diretrizes gerais propostas para a recuperação da bacia Ribeirão Ferro-Carvão - Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba, incluindo a entrega da Etapa 2 e os subsídios para a concepção das alternativas de recuperação socioambiental dos remansos 1, 2 e 3.
- Em 01 de junho de 2022, foi encaminhado à Gerente Executiva de Gestão Ambiental da Vale, Gleuza Jesue, o Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022.
- Em 31 de agosto de 2022, foi protocolada nova versão do documento *Master Plan*, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 (SEI 52368481).
- Em 09 de setembro de 2022, foi encaminhado à Gerente Executiva de Gestão Ambiental da Vale, Gleuza Jesue, o Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022.
- Em 23 de setembro de 2022 foi realizada uma apresentação do *Master Plan* para as equipes do SISEMA e AECOM.
- Em 10 de outubro de 2022, foi protocolado o “Bloco 1” das respostas ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, contendo respostas parciais ao referido ofício, bem como planilha com as recomendações a serem respondidas em 09 de dezembro de 2022 e documentos relativos ao Marco Zero e abrangência do *Master Plan*. Este protocolo foi realizado por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 (SEI 54507227).

Assim, este documento é referente a entrega do “Bloco 2” de respostas ao Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022, abordando os esclarecimentos referentes às demais solicitações apresentadas nas Notas Técnicas encaminhadas por meio do ofício supracitado, em complementação ao “Bloco 1”. A **Figura 2** apresenta uma linha do tempo com os principais acontecimentos relacionados ao Diretrizes.

Acompanha este documento uma planilha com informações a respeito da localização das respostas no documento, bem como outras observações pertinentes.

Figura 2. Linha do Tempo dos principais acontecimentos relacionados ao Diretrizes



Fonte: Vale, 2022.

3. OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo do documento é a estruturação do processo de recuperação sustentável do ribeirão Ferro-Carvão, com base em diretrizes e ações fundamentadas em critérios e aspectos fundiários, ambientais, sociais, urbanísticos e de engenharia, na medida em que incorpora em suas análises o *Master Plan*.

O presente documento apresenta as informações necessárias para a continuidade das ações da recuperação sustentável da bacia do ribeirão Ferro – Carvão e elucidar os questionamentos do Ofício FEAM/GERAI nº. 150/2021, Ofício FEAM/GERAI nº. 224/2021 e do Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022.

Essas informações são provenientes de estudos desenvolvidos, dados secundários e lições aprendidas, bem como de robustas discussões técnicas envolvendo servidores dos órgãos de controle, especialistas e colaboradores da VALE S.A.

Objetivos específicos

- Apresentar as informações técnicas necessárias para o entendimento da situação atual da área de abrangência;
- Apresentar detalhamento metodológico para a tomada de decisão para a recuperação sustentável;
- Apresentar de modo cronológico as etapas para a recuperação do ribeirão Ferro-Carvão;
- Apresentar o avanço dos estudos que são utilizados como subsídios para as informações constantes no presente documento;
- Apresentar a integração dos estudos desenvolvidos/ em desenvolvimento com as etapas para a recuperação;
- Apresentar os subsídios para a concepção das alternativas de recuperação para as áreas dos remansos 1, 2 e 3;
- Esclarecer o modelo e a estrutura de gestão das ações previstas para a restauração/recuperação;

-
- Apresentar de maneira lógica e concisa a estruturação do processo de restauração ambiental da bacia do ribeirão Ferro-Carvão, com base em diretrizes e ações fundamentadas em critérios e aspectos fundiários, ambientais, sociais, urbanísticos e de engenharia.

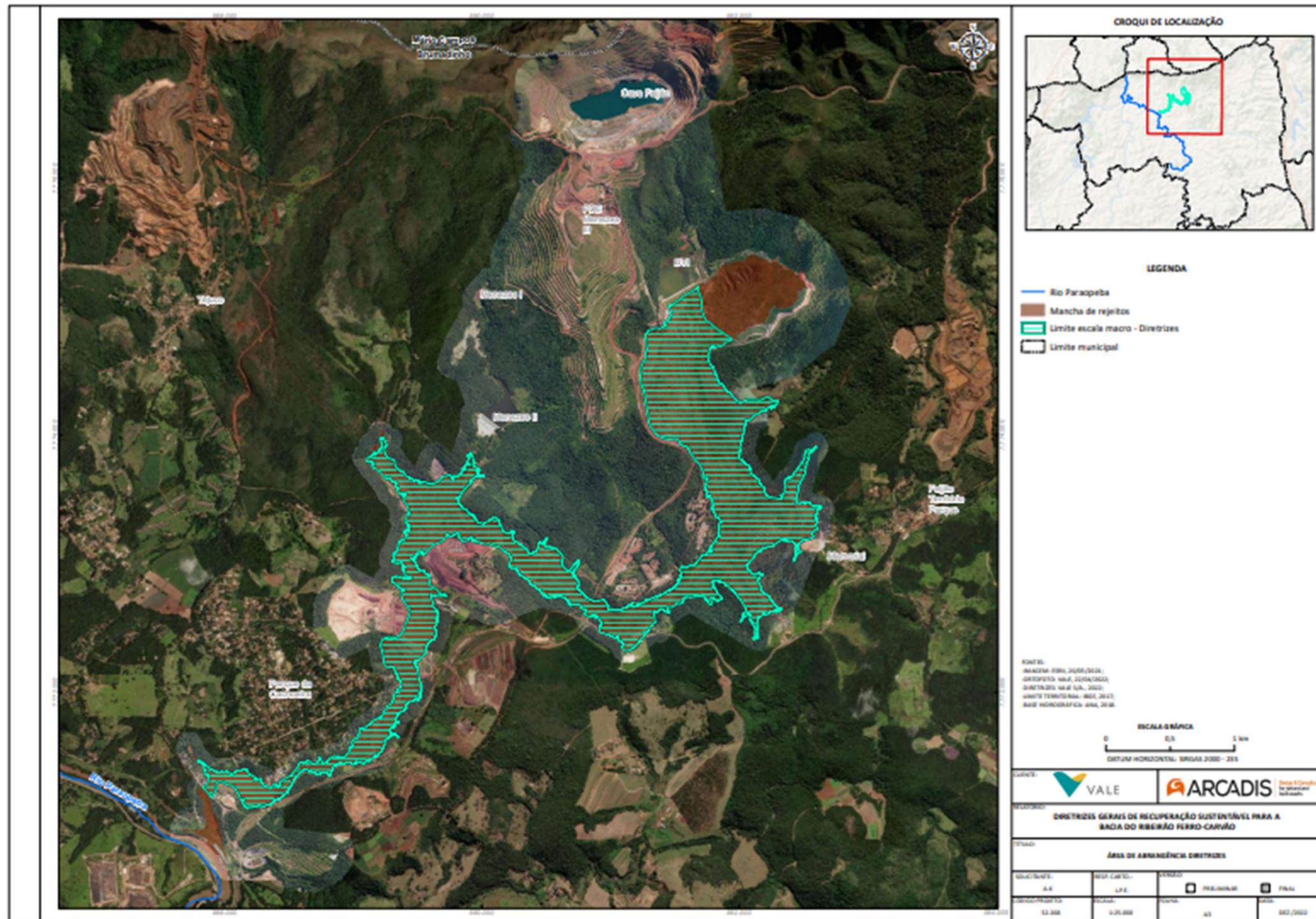
4. ABRANGÊNCIA

No âmbito do Diretrizes estão contidas as áreas diretamente impactadas pelo rompimento da B-I, nos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão e seus tributários. Desse modo, todas as regiões onde há depósito de rejeitos carreados pelo rompimento da barragem (chamada de zona quente ou mancha de rejeito), que inclui a região em área aberta (ribeirão Ferro-Carvão) e a área com rejeito sob dossel fazem parte da abrangência deste documento. A região conhecida como “Marco Zero” passou por ações de recuperação e está sendo tratada a parte deste documento, com dinâmica de recuperação própria.

É importante destacar que todas as áreas direta ou indiretamente afetadas pelo rompimento da barragem serão recuperadas no âmbito do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), parte integrante do Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do rio Paraopeba (PRSA) ou no âmbito do Plano de Fechamento de Mina da Unidade Operacional de Córrego do Feijão.

A **Figura 3** ilustra a área de abrangência do presente documento.

Figura 3. Abrangência do Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão



A recuperação da região da B-I também não será abordada no âmbito do Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, uma vez que se trata de uma estrutura geotécnica, que passará por um processo de descomissionamento conforme legislação vigente.

Vale destacar ainda que as questões relativas à recuperação na região do compartimento F (Marco Zero) foram tratadas em relatório específico "Relatório Integrado das Ações de Recuperação Ambiental na área do Marco Zero" protocolado por meio da "Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0242/2022 (SEI 42738672)", em 23 de fevereiro de 2022. Desde agosto de 2022 (Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0973/2022 (SEI 51577121)), o Marco Zero está sendo tratado como projeto específico vinculado ao PRAD no Plano da Reparação Socioambiental, quando foi protocolado o "Projeto de Recuperação do Marco Zero (Compartimento F)", e todas as tratativas relacionadas as ações implementadas nesta área serão tratadas neste âmbito até o descomissionamento da Estaca Prancha 1.

Conforme relatório de atendimento ao Ofício FEAM/GERAI Nº.130/2022, protocolado, por Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 (SEI 54507227), em 10/10/2022, além do Diretrizes há várias outras iniciativas que ocorrem no território. As respectivas abrangências são determinadas pelas peculiaridades de cada iniciativa.

A seguir são explicitados alguns dos estudos de base, planos, programas e projetos que subsidiam as ações de recuperação e que possuem abrangências específicas, condizentes com os objetivos propostos em cada estudo.

Destacam-se os seguintes estudos:

- Diagnóstico de percepções sociais das áreas de remansos – realizou levantamentos nas comunidades de Córrego do Feijão, Parque das Cachoeiras e Tejuco;
- Benefícios da restauração florestal para a conectividade da paisagem do ribeirão Ferro-Carvão – abrange toda a bacia do ribeirão Ferro-Carvão, parte da bacia do ribeirão Casa Branca e trechos da bacia do rio Paraopeba;

- Índice de Integridade Ecológica – realiza amostragens na bacia do ribeirão Ferro-Carvão e em outras bacias próximas para definição e caracterização das áreas de referência
- Estudos geoquímicos – embora seja voltado para a caracterização e compreensão das características geoquímicas dos solos nas áreas afetadas busca sempre a correlação com as áreas não afetadas, e a definição dos valores de *baseline* geoquímico nas áreas da sub-bacia que não foram afetadas. Para a determinação de concentrações de *baseline* do solo local, não afetado por rejeitos, foi delimitada uma área de amostragem por meio de um buffer, sendo definida a região de interesse compreendida entre 50 e 500 metros de distância da delimitação da Zona Quente (mancha de rejeitos).

Outras ações são realizadas no âmbito de outros processos:

- PRAD-PCA (LOC) – A recuperação das áreas degradadas pelas obras emergenciais extra-mancha está atrelada ao processo da Licença de Operação Corretiva (LOC), cujo PCA possui o Programa de Recuperação Ambiental de Áreas Degradadas – PRAD (acessos, estruturas de contenção, estações de tratamento – ETAFs 1 e 2, canteiros, DTRs, DIRs, áreas de apoio a dragagem, outros)
- Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba (PRSA) – inúmeras ações previstas nos planos, programas e projetos do PRSA são direcionadas para áreas extra-mancha, especialmente:
 - ✓ Programa de Comunicação Social e Relacionamento com a Comunidade - Cria espaços de diálogo e canais de comunicação para possibilitar a escuta ativa, a participação social, a transparência e o acesso às informações sobre o processo de reparação socioambiental. Atuou no diagnóstico de percepções sociais destacado acima.
 - ✓ Programa de Caracterização e Monitoramento dos Solos na Sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão – Contém os Estudos Geoquímicos citado anteriormente;

- ✓ Programa de Conservação e Estudos da Flora – realiza levantamentos florísticos, acompanhamento fenológico, marcação de matrizes e coleta de propágulos em remanescentes ao longo da bacia do ribeirão Ferro-Carvão e de parte da bacia do ribeirão Casa Branca;
- ✓ Programa de Diagnóstico de Danos Ambientais sobre Meio Biótico – realiza o monitoramento de diversos componentes da biodiversidade em áreas afetadas e não afetadas pela mancha de rejeito;

Além desses, outros programas desenvolvem ações que auxiliam na avaliação conforme **Quadro 1**.

Quadro 1. Planos/programas/projetos no âmbito do Plano de Reparação Socioambiental protocolados até o momento.

Programa	Objetivo	Abrangência
Plano de Caracterização e Monitoramento das Águas e dos Sedimentos	Reunir programas do PRSA associados à caracterização e/ou monitoramento da água superficial, água subterrânea e sedimentos e fornecer respostas consolidadas a respeito de impactos relacionados a esses temas, por meio da integração dos resultados e das avaliações alcançadas nos programas que o compõem, bem como de outros planos e estudos complementares, contribuindo para o entendimento do processo de reparação da bacia do rio Paraopeba após o rompimento das barragens da Mina Córrego do Feijão.	Toda a bacia hidrográfica do rio Paraopeba e o rio São Francisco, a partir do reservatório da UHE Três Marias até a sua confluência com o rio Abaeté.
Programa de Monitoramento Emergencial – Qualidade das Águas Superficiais e Sedimentos (PME)	Acompanhar a evolução temporal e espacial da qualidade das águas superficiais e sedimentos, identificando a tendência de recuperação associada às ações em implementação pelo Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba, bem como condições adversas naturais ou em decorrência de ações antrópicas. § Acompanhar a evolução temporal e espacial da qualidade das águas superficiais, do efluente da Barragem VI e dos sedimentos nos cursos de água, em pontos com e sem influência dos efeitos do rompimento; § Obter informações para gestão das águas, para subsidiar ações de controle ambiental e reparação na bacia do rio Paraopeba e para suportar a avaliação de outros planos e programas relacionados à reparação.	Sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão e o rio Paraopeba até o trecho a jusante do barramento da UHE Retiro Baixo, incluindo o braço do rio Paraopeba no reservatório da UHE Três Marias; trecho do rio Paraopeba aproximadamente 10 km a montante da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão (trecho de referência) e afluentes do curso d'água principal (acompanhamento de possíveis contribuições da bacia na qualidade da água não relacionadas ao rompimento); eixo principal do reservatório da UHE Três Marias, bem como o rio São Francisco, a jusante do barramento desse reservatório, até sua confluência com o rio Abaeté

Programa	Objetivo	Abrangência
Programa Especial de Monitoramento da Qualidade da Água e dos Sedimentos do reservatório de Três Marias e Entorno (PMQS-Três Marias)	<p>Acompanhar a evolução temporal e espacial da qualidade das águas superficiais e dos sedimentos de fundo e suspensão de trechos dos reservatórios da UHE Três Marias e Retiro Baixo, e dos rios São Francisco e Paraopeba, auxiliando na identificação da tendência de recuperação associada às ações em implementação pelo Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba, bem como condições adversas naturais ou em decorrência de ações antrópicas.</p> <p>§ Acompanhar a evolução e tendência de comportamento da qualidade da água e dos sedimentos nos cursos de água, em pontos com e sem influência dos efeitos do rompimento;</p> <p>§ Acompanhar e informar ao órgão ambiental sobre a condições da qualidade da água e dos sedimentos, de forma a subsidiar a tomada de decisões sobre a gestão das águas.</p>	Região do entorno das UHE Retiro Baixo e Três Marias, além de trechos dos rios Paraopeba e São Francisco a montante e a jusante destes reservatórios
Programa de Monitoramento Telemétrico de Alta Frequência	<p>Acompanhar alterações na qualidade da água superficial e condições hidrológicas por meio de coleta de dados com alta frequência, de modo a identificar alterações abruptas de curto prazo e auxiliar a avaliação das tendências de comportamento a médio e longo prazo associadas a eventos hidrológicos ou em função das alterações provocadas pelo rompimento das barragens, bem como das ações de reparação da bacia.</p> <p>§ Fornecer informações das condições hidrológicas e da qualidade da água em curto prazo para tomada de decisões, inclusive gatilhos, como os definidos para operações de dragagem;</p> <p>§ Auxiliar no acompanhamento das tendências temporais e espaciais nas alterações da qualidade da água superficial por meio de um conjunto de dados coletados em alta frequência, de forma a complementar as informações obtidas no monitoramento convencional.</p>	Rio Paraopeba desde a região a montante da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão até o Reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Marias, além de parte do ribeirão Ferro-Carvão, Estação de Tratamento de Águas Fluviais (ETAF1) e rio Betim.
Programa de Monitoramento Quantitativo de Água Superficial	<p>Acompanhar o comportamento quantitativo de corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paraopeba e dar suporte à avaliação contínua dos impactos decorrentes do rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IVA da Mina Córrego do Feijão do Complexo Paraopeba.</p> <p>Em complemento ao objetivo geral, são definidos alguns objetivos específicos deste Programa, a seguir expostos:</p> <p>§ Acompanhar as condições pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Paraopeba;</p> <p>§ Acompanhar as vazões de referência (mínima, média e máxima) e a permanência das vazões do rio Paraopeba e de seus principais afluentes e verificar a manutenção das vazões mínimas legais remanescentes;</p> <p>§ Atualizar o balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Paraopeba e suas principais sub-bacias, de forma a verificar os impactos de novos usos implementados, notadamente aqueles relacionados ao rompimento das barragens.</p> <p>§ Dar suporte a estudos de transporte de sedimentos, estudos hidrológicos, modelagens de cheias, e quaisquer outros estudos que demandem dados pluviométricos e fluviométricos, bem como dar suporte ao acompanhamento da qualidade da água, do ar, dos</p>	Toda a bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Programa	Objetivo	Abrangência
	sedimentos, da biodiversidade e outros monitoramentos socioambientais.	
Programa de Caracterização e Monitoramento Sedimentológico	<p>Caracterizar e monitorar os processos hidrossedimentológicos bem como a caracterização química e mineralógica dos sólidos e sedimentos, para avaliação da influência dos rejeitos extravasados das barragens B-I, B-IV e B-IVA na dinâmica sedimentar da bacia hidrográfica do rio Paraopeba. Além disso, o programa abarca o monitoramento dos processos hidrossedimentológicos na sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão.</p> <p>Em complemento ao objetivo geral, visando atender os impactos gerados, são definidos alguns objetivos específicos, a seguir expostos:</p> <p>§ Monitorar a dinâmica dos rejeitos incorporados aos sedimentos do rio Paraopeba;</p> <p>§ Analisar os possíveis cenários futuros de transporte e deposição dos rejeitos no rio Paraopeba por meio do desenvolvimento de modelos computacionais.</p>	Sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, além de trechos do rio Paraopeba, iniciando cerca de 10 km a montante da confluência do ribeirão Ferro-Carvão até a seção situada à montante do reservatório de Retiro Baixo
Programa de Caracterização dos Impactos sobre as Atividades Areeiras	<p>Realizar uma caracterização tecnológica das areias do rio Paraopeba, e a partir dos resultados avaliar se as areias de fato passaram por descaracterização para uso na construção civil.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar um panorama geral acerca das atividades areeiras na área diretamente impactada na bacia do rio Paraopeba; - Verificar se houve alterações na qualidade das areias extraídas do leito do rio Paraopeba, de modo que prejudiquem seu uso na construção civil - Caracterização tecnológica das areias afetadas pelos sedimentos provenientes do rompimento da Barragem-I; - Subsidiar tecnicamente a equipe jurídica quanto à Política de Indenizações. 	Delimitada pelos processos minerários situados na calha do rio Paraopeba, no trecho entre a confluência do ribeirão com a UTE Igarapé
Programa de Caracterização e Monitoramento dos Solos na Sub-bacia do Ribeirão Ferro-Carvão	<p>A partir dos instrumentos de formalização técnica e oficial ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) quanto à conclusão das atividades de remoção de rejeitos até atingir o terreno natural (ou cota zero), este Programa tem como objetivo principal a caracterização e compreensão das características geoquímicas dos solos nas áreas afetadas da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, de forma a constatar que o substrato (Cota Zero) está desprovido de influência geoquímica dos rejeitos, ou seja, o atingimento do terreno natural. Almeja-se sempre a correlação com as áreas não afetadas, e, portanto, também se objetiva a definição dos valores de <i>baseline</i> geoquímico nas áreas da sub-bacia que não foram afetadas.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterização geoquímica dos solos na área da sub-bacia que não foi afetada pelo rejeito (<i>baseline</i>); - Caracterização geoquímica dos solos sotopostos na mancha de rejeitos; - Caracterização geoquímica dos solos na área da mancha de rejeito após a remoção do rejeito (Cota Zero) para que então possa dar início as medidas de recuperação em substrato desprovido de influência geoquímica de rejeito, e; - Caracterização geoquímica dos rejeitos sob dossel e solos sotopostos 	Sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, tanto em áreas não afetadas pelo rompimento (para que seja realizado um estudo de <i>baseline</i>), quanto nas áreas afetadas (para que se possa compreender os efeitos do rompimento sobre as características químicas do solo)

Programa	Objetivo	Abrangência
Programa de Atendimento à Mortandade de Peixes	<p>Verificar a extensão da área de influência descrita no impacto 2.9.1.13. ID14: Perda de Indivíduos da Ictiofauna, Volume 4 do Capítulo 2, Versão 2, utilizando dados complementares coletados durante atendimentos de ocorrências de mortandade de peixes relacionadas ao rio Betim (i.e., em sua calha ou logo a jusante).</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar os atendimentos em caráter investigativo das ocorrências de mortandade de peixes relacionadas ao rio Betim (i.e., em sua calha ou logo a jusante). - Avaliar temporal e espacialmente dados que indiquem a qualidade dos ambientes aquáticos em pontos próximos a confluência dos rios Paraopeba e Betim. 	<p>Trecho navegável da foz do rio Betim e se estende rio Paraopeba abaixo, até o local denominado Cachoeira de Esmeraldas, localizado entre os municípios de Florestal e Esmeraldas (MG).</p>
Programa de Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e Definição de Diretrizes de Mitigação	<p>Estimar as emissões e remoções de gases de efeito estufa relacionadas ao rompimento da barragem, às ações emergenciais pós rompimento e medidas de controle ambiental associadas e às medidas de reparação previstas no Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba (PRSA).</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimar as emissões de gases de efeito estufa do rompimento por escopo e setor; - Estimar as emissões e remoções de gases de efeito estufa das ações emergenciais pós rompimento e medidas de controle ambiental associadas e das ações de reparação do PRSA por escopo e setor; - Promover um balanço entre o total de emissões e remoções derivadas do rompimento, das ações emergenciais pós rompimento e das ações de reparação no território; - Avaliar o impacto do resultado do balanço entre emissões e remoções de gases de efeito estufa nas emissões do Estado de Minas Gerais; - Subsidiar a proposição de ações para mitigar e/ou compensar as emissões, caso o balanço aponte que as ações de reparação socioambiental previstas são insuficientes; - Compilar arcabouço técnico e quantitativo das emissões e remoções de gases de efeito estufa necessário para apontar ações chaves para serem acompanhadas em momento posterior ao programa, de maneira a monitorar os resultados de mitigação de emissões que não forem compensadas com os planos e ações previstas. 	<p>Território diretamente afetado pelo rompimento e das áreas de execução das obras emergenciais e supressão de vegetação</p>
Programa de Comunicação Social e Relacionamento com a Comunidade	<p>Criar espaços de diálogo e canais de comunicação para possibilitar a escuta ativa, a participação social, a transparência e o acesso às informações sobre o processo de reparação socioambiental da bacia do rio Paraopeba.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer canais de comunicação específicos sobre a reparação socioambiental entre a Vale S/A e os diversos públicos, principalmente com as comunidades atingidas; - Prestar contas e informar as ações de reparação às todos os atores sociais envolvidos; - Realizar ações e produzir materiais de comunicação adequados em formato e linguagens acessíveis aos diversos públicos; - Identificar, atender e/ou encaminhar e acompanhar as demandas sobre o processo de reparação socioambiental levantadas pelas comunidades durante 	<p>Municípios previstos no PRSA: Brumadinho, Mário Campos, São Joaquim de Bicas, Betim, Igarapé, Juatuba, Esmeraldas, Florestal, Pará de Minas, Fortuna de Minas, São José da Varginha, Pequi, Maravilhas, Papagaios, Paraopeba, Caetanópolis, Curvelo, Pompéu, Felixlândia, Cachoeira da Prata, Inhaúma e Mateus Leme;</p> <p>Municípios do entorno da UHE Três Marias contemplados no Acordo Judicial de Reparação</p>

Programa	Objetivo	Abrangência
	<p>as ações de interação social;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dar suporte à implementação dos demais Planos e Programas do Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba no que se refere a facilitação da divulgação de informação, dos conteúdos e temas para os atores sociais, além da mobilização e articulação dos públicos. 	<p>Integral: Três Marias, São Gonçalo do Abaeté, Morada Nova de Minas, Biquinhas, Paineiras, Abaeté.</p>
Plano de Recuperação das Áreas Degradadas	<p>Acompanhar todas as ações voltadas à recuperação previstas no território de forma integrada e sistêmica, de maneira a garantir o sucesso da recuperação das áreas degradadas pelo rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IVA.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acompanhar o processo de reconformação dos terrenos e das medidas de controle de processos erosivos das áreas em recuperação, conforme estabelecido no Programa de Reconformação dos Terrenos e Controle de Processos Erosivos; - Acompanhar a recuperação da integridade dos ecossistemas aquáticos da bacia do ribeirão Ferro-Carvão, conforme estabelecido no Programa de Recuperação dos Cursos d'Água; - Acompanhar o restabelecimento da vegetação de colonização inicial no ambiente, conforme estabelecido no Programa de Revegetação Inicial; - Acompanhar a recomposição da cobertura florestal nativa das áreas impactadas pela mancha de rejeito, conforme estabelecido no Programa de Restauração Florestal. 	<p>Área de detalhe - sub-bacia do FC + parte da sub-bacia do Casa Branca + parte da bacia do Paraopeba</p>
Programa de Reconformação dos Terrenos, Monitoramento e Controle de Processos Erosivos	<p>Como parte integrante do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) este programa visa definir as diretrizes gerais quanto ao processo de reconformação dos terrenos, e assim minimizar o surgimento de processos erosivos, ou adotar medidas de controle para que os processos já instalados não evoluam nos terrenos a serem recuperados, através de monitoramento das ações estabelecidas, executadas e controladas no âmbito dos projetos.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir diretrizes para as obras de reconformação dos terrenos; - Indicar métodos e processos que devem ser aplicados com intuito de minimizar a ocorrência de novos processos erosivos; - Controlar os processos erosivos já instalados, avaliando a eficácia das medidas adotadas e/ou dos dispositivos implementados; - Monitorar as áreas mais suscetíveis ao desencadeamento de processos erosivos, em vista de sua posição na morfologia do terreno e tipo de solos; - Propor e/ou realizar novas intervenções caso o monitoramento indique a necessidade de adequações, durante as obras de reconformação, bem como durante o plantio (etapas de maior exposição do solo suscetível); - Monitorar as ações dos projetos durante a execução de forma a garantir as diretrizes do programa nas áreas liberadas ao início da recuperação. 	<p>Mancha de rejeito excetuando-se a B-I</p>

Programa	Objetivo	Abrangência
Programa de Recuperação dos Cursos d'Água	<p>Estabelecer as diretrizes da qualidade do habitat da bacia do ribeirão Ferro-Carvão e trecho do rio Paraopeba submetida a atividade de dragagem, monitorar a recolonização da biota aquática e a manutenção dos processos ecossistêmicos, e desta forma, garantir os usos múltiplos do recurso hídrico.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desenvolver estudos de base para diagnóstico e estudos ambientais e proposição do modelo de referência para recuperação dos ambientes aquáticos; - Subsidiar tecnicamente a elaboração dos projetos de recuperação; - Monitorar as ações de recuperação dos ambientes aquáticos; - Monitorar a qualidade ecológica dos ambientes aquáticos. 	Mancha de rejeito excetuando-se a B-I
Programa de Revegetação Inicial	<p>Definir as diretrizes para o reestabelecimento da vegetação de colonização inicial no ambiente, de maneira a estabilizar os solos e iniciar o processo de recuperação da área, de modo a proteger tanto o solo, quanto os recursos hídricos.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promover a cobertura vegetal inicial do solo; - Proteger o solo de carregamento superficial e contribuir para a redução da carga sólida levada pelas chuvas para os cursos d'água, reduzindo a formação de processos erosivos. 	Mancha de rejeito excetuando-se a B-I
Programa de Restauração Florestal	<p>Definir as diretrizes de recomposição da cobertura florestal nativa das áreas impactadas pela mancha de rejeito.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recuperar a cobertura florestal das áreas degradadas para padrões próximos da condição pretérita e/ou em comparação aos ecossistemas de referência; - Promover a recuperação da biodiversidade; - Promover a conservação genética in situ das espécies arbóreas da flora nativa; - Restaurar as funções ecológicas e ecossistêmicas; - Promover a reconexão florestal e fluxo gênico; - Atenuar efeito de borda. 	Mancha de rejeito excetuando-se a B-I
Programa de Conservação e Estudos da Flora	<p>Minimizar o impacto sobre as populações vegetais ocasionado pela supressão causada pela passagem do rejeito, principalmente, sobre espécies ameaçadas de extinção e protegidas por lei.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ampliar o conhecimento acerca da composição florística, principalmente das espécies não arbóreas, das fitofisionomias afetadas pelo rompimento das barragens; - Confirmar a presença de espécies com ocorrência incerta ou duvidosa na área de estudo de detalhe; - Realizar a marcação de matrizes de "espécies-alvo" para o monitoramento fenológico e para a coleta de material propagativo de espécies ameaçadas de extinção, endêmicas e protegidas por lei; e - Coletar e disponibilizar aos viveiros, frutos, sementes ou outro material de multiplicação e de reprodução vegetal subsidiando a produção de mudas para o Programa de Restauração Florestal. 	Área de detalhe - sub-bacia do Ferro-Carvão e parte da sub-bacia do Casa Branca e parte da bacia do Paraopeba

Programa	Objetivo	Abrangência
Plano de Ação para Proteção à Fauna (PAPF)	<p>Reunir os programas associados a fauna silvestre e doméstica, por meio da integração dos resultados e das avaliações alcançadas nos programas que o compõem (Programa de Prospecção e Resgate de Fauna Terrestre, Programa de Reabilitação e Soltura de Fauna Silvestres e Programa de Abrigo e Destinação de Animais Domésticos), fornecendo respostas consolidadas a respeito dos impactos relacionados a esse tema.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propor ações específicas para atendimento dos impactos da fauna silvestre e doméstica pós rompimento das barragens; - Analisar de forma integrada os atendimentos aos impactos da fauna silvestre e doméstica prestados na fase emergencial reportados no âmbito do Auto de Fiscalização Nº 68.212 FEAM/IEF/IGAM/2019, emitido em 28 de janeiro de 2019 e do Termo de Compromisso Preliminar da Fauna pactuado entre a Vale S/A e o Ministério Público de Minas Gerais em 05 de abril de 2019. 	Soma das áreas de abrangência dos Programas de Prospecção e Resgate de Fauna Terrestre, Programa de Reabilitação e Soltura da Fauna Silvestre e Programa de Abrigo e Destinação de Animais Domésticos
Programa de Prospecção e Resgate de Fauna Terrestre	<p>Adotar medidas emergenciais de resgate, visando proteção e preservação da fauna silvestre e doméstica considerando os impactos efetivos sobre a fauna vertebrada terrestre silvestre e doméstica, em decorrência do rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IVA do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rastrear, afugentar ou resgatar animais silvestres e/ou domésticos das áreas de risco; - Fornecer atendimento emergencial e encaminhamento médico-veterinário adequado aos animais silvestres e/ou domésticos, doentes, feridos ou debilitados; - Destinar adequadamente todos os animais silvestres e/ou domésticos resgatados; - Mitigar os efeitos da redução de recursos hídricos disponíveis para a fauna; - Remover as carcaças na área afetada. <p>Observação: Programa concluído no âmbito do rompimento</p>	Área delimitada por um buffer de 200 metros da calha do ribeirão Ferro-Carvão e do rio Paraopeba, incluindo então a confluência de ambos. Os trechos que compõe a área atingida incluem grande parte relativa às obras emergenciais (área do rompimento das barragens até a confluência do ribeirão Ferro-Carvão com o rio Paraopeba), no trecho sob efeito da dragagem (de Brumadinho/MG até Juatuba/MG) e da extensão final da pluma até a UHE Retiro Baixo.
Programa de Reabilitação e Soltura de Fauna Silvestre	<p>Adotar medidas emergenciais para reabilitação e devida destinação animal, visando proteção e preservação da fauna silvestre considerando os impactos efetivos incidentes sobre a fauna silvestre, vertebrada terrestre, decorrentes do rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IVA do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fornecer tratamento médico-veterinário e recuperar os animais silvestres nativos, doentes, feridos ou debilitados; - Implementar e executar ações reabilitadoras, propiciando a preparação e treinamento, quando necessário, para que animais silvestres, vítimas de ações antrópicas, que foram resgatados, entregues voluntariamente ou apreendidos, adquiram as habilidades necessárias para sobreviverem no ambiente natural; - Soltar no habitat natural os animais silvestres nativos saudáveis e aptos; - Encaminhar para instituição classificada como criadouro científico para fins de conservação, 	Sobreposição entre a área de influência do impacto "Injúria de indivíduos da fauna silvestre" com o impacto de "Perda de Indivíduos da Fauna Silvestre" e as instalações de fauna, sendo estas a Fazenda Abrigo da Fauna (FAF) e Hospital Veterinário (HV),

Programa	Objetivo	Abrangência
	<p>mantenedouro de fauna silvestre ou jardim zoológico os animais silvestres nativos inaptos à reabilitação e/ou soltura.</p> <p>Observação: Programa concluído no âmbito do rompimento</p>	
Programa de Abrigo e Destinação de Animais Domésticos	<p>Fornecer, aos animais provenientes do rompimento, abrigo com condições necessárias ao bem-estar animal enquanto alocados nas Instalações de Fauna, além de promover a reintegração dos animais que possuem tutor, e possibilitar a adoção daqueles que não o dispõem.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fornecer abrigo e condições ambientais adequadas para os animais domésticos que foram impactados pelo rompimento das barragens B-I, B-IV e B-IVA do Complexo Paraopeba II da Mina Córrego do Feijão; - Implementar e executar ações de triagem para prevenção de doenças e procedimentos, conforme necessários, para manter as condições clínicas e saúde integral dos animais domésticos que foram resgatados; - Implementar a castração de todos os animais pets sem tutor e de todos os animais com tutor que permita a realização do procedimento; - Destinar todos os animais abrigados; - Realizar o acompanhamento de pós adoção pelo período mínimo de 6 meses. 	Área de influência dos impactos Perda de indivíduos da fauna doméstica e Desabrigo e injúria de animais domésticos
Plano de Acompanhamento dos Impactos sobre os Serviços Ecossistêmicos - PAISE	<p>Prover uma visão integrada das condições ambientais do território impactado pelo rompimento em relação à retomada da oferta dos serviços ecossistêmicos às comunidades beneficiárias locais.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprofundar a caracterização dos serviços ecossistêmicos com base nos impactos ambientais sobre os componentes dos serviços ecossistêmicos e considerando os usos e demandas das comunidades beneficiárias locais; - Sistematizar os dados e as informações sobre as ações de reparação derivadas dos demais Planos, Programas e Projetos do PRSA que se relacionam com os impactos incidentes sobre os serviços ecossistêmicos, a partir do mapeamento e da síntese integrada dos subsídios técnicos, considerando demais ações de interface com a reparação socioambiental no território; - Subsidiar a gestão adaptativa dos demais Planos, Programas e Projetos do PRSA com foco na retomada do fornecimento dos serviços ecossistêmicos impactados e seus usos pelas comunidades beneficiárias locais. 	Bacia do rio Paraopeba
Projeto de Acompanhamento do Impacto de Redução da Segurança Alimentar	<p>Definir metodologia para acompanhamento do impacto Redução da segurança alimentar por meio da avaliação da recuperação das condições ambientais que permitem a disponibilização dos serviços ecossistêmicos de provisão – culturas agrícolas, criação de animais, pesca, alimentos silvestres e fornecimento de água – que foram alterados em consequência de impactos do rompimento sobre o meio físico e o meio biótico.</p> <p>O projeto também buscará estabelecer indicadores adequados que consigam avaliar o retorno das condições ambientais que permitam que os serviços de provisão impactados estejam novamente disponíveis</p>	Região do ribeirão Ferro-Carvão, onde os agrupamentos sociais foram afetados pelo soterramento de suas áreas de produção agrícola e dos quintais produtivos que continham hortas, árvores frutíferas, criação de animais; e, o entorno do rio Paraopeba

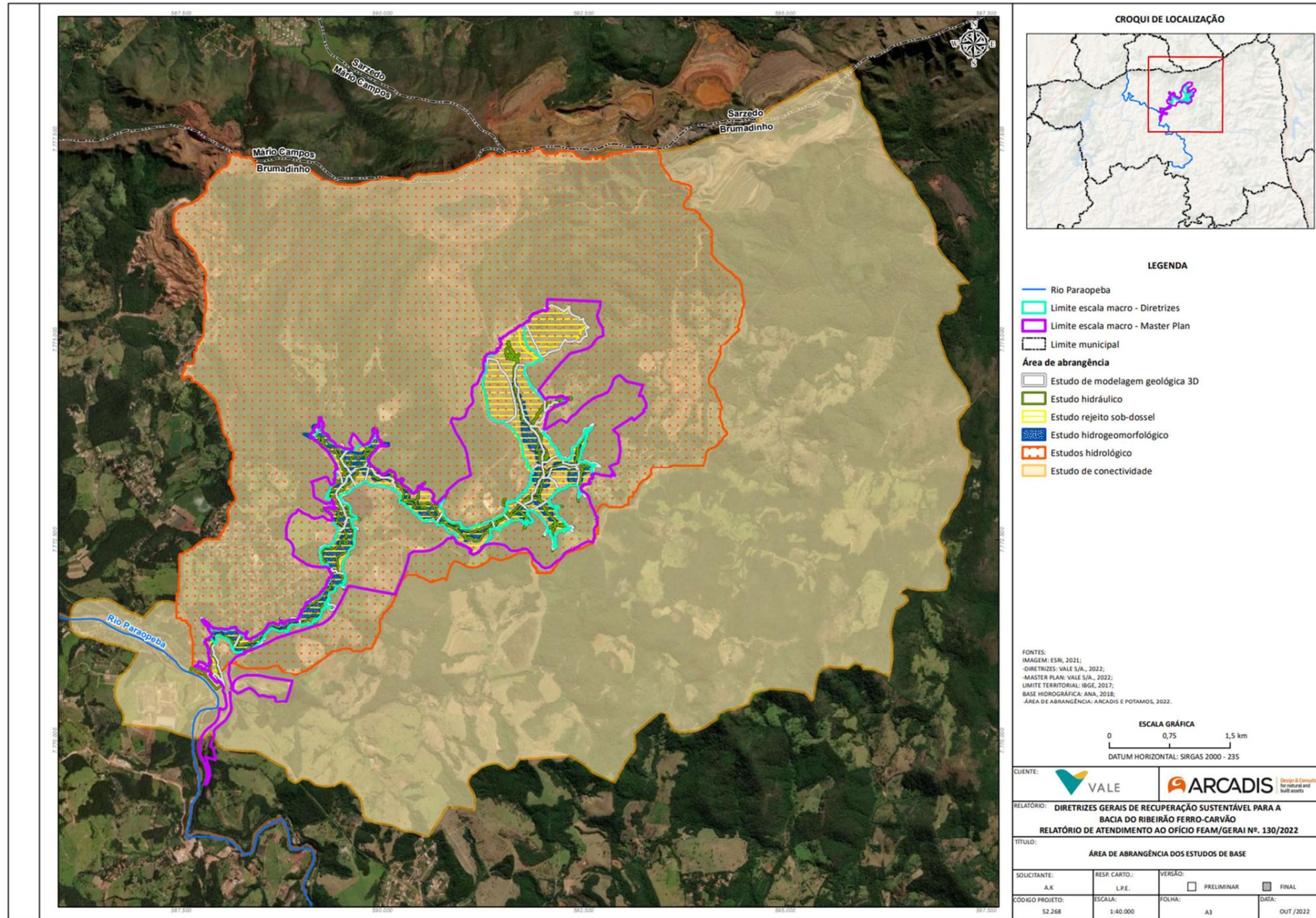
Programa	Objetivo	Abrangência
	às comunidades beneficiárias locais com potencial semelhante de antes do rompimento.	
Projeto de Acompanhamento do Impacto de Redução dos Estoques Pesqueiros	Definir metodologia para acompanhamento do impacto de Redução de estoques pesqueiros por meio da avaliação da disponibilidade de peixes para as atividades de pesca de subsistência e pesca esportiva no rio Paraopeba, alteradas em consequência de impactos do rompimento sobre o meio físico e o meio biótico. O projeto também buscará estabelecer indicadores adequados que consigam avaliar o retorno das condições ambientais que permitam que o serviço impactado, de provisão da pesca, esteja disponível às comunidades beneficiárias locais com potencial similar anterior ao rompimento.	Bacia do rio Paraopeba
Projeto de acompanhamento do Impacto de Alteração da Identidade Cultural	Definir a metodologia para acompanhamento do impacto de Alteração da Identidade Cultural por meio da avaliação da recuperação dos serviços ecossistêmicos culturais – recreação e ecoturismo, valores cênicos e educacionais e valores culturais e espirituais – que foram alterados em consequência de impactos sobre o meio físico e o meio biótico. O projeto também buscará estabelecer indicadores adequados que consigam avaliar o retorno das condições ambientais que permitam que os serviços culturais impactados estejam novamente disponíveis às comunidades beneficiárias locais em potencial semelhante a situação anterior ao rompimento.	28 municípios, relacionados a seguir: Brumadinho, Igarapé, São Joaquim de Bicas, Mário Campos, Betim, Juatuba, Mateus Leme, Florestal, Pará de Minas, Esmeraldas, São José da Varginha, Pequi, Fortuna de Minas, Cachoeira da Prata, Inhaúma, Caetanópolis, Maravilhas, Papagaios, Paraopeba, Pompéu, Curvelo, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Três Marias, Abaeté, Paineiras, Biquinhas, São Gonçalo do Abaeté
Projeto de Acompanhamento do Impacto de Insegurança relacionada às Inundações	Definir metodologia para acompanhamento do impacto Insegurança relacionado às inundações por meio da avaliação da recuperação do fornecimento do serviço ecossistêmico de regulação – regulação dos fluxos d'água – que foi alterado em consequência de impactos do rompimento e implicações decorrentes às comunidades beneficiárias locais. O projeto também buscará estabelecer indicadores adequados que consigam avaliar o retorno das condições ambientais que permitam que o serviço de regulação em análise esteja disponível, considerando as limitações postas no território pretéritas ao rompimento, e que oriente ações relacionadas ao uso das áreas lindeiras do rio Paraopeba pela população.	Áreas lindeiras ao rio Paraopeba que foram inundadas com as águas superficiais do rio durante os períodos de cheia de 2019/2020, desde Brumadinho até Pompéu e Curvelo
Projeto de Acompanhamento do Impacto Redução da Polinização e Dispersão de Sementes	Definir metodologia para acompanhamento do impacto Redução da Polinização e Dispersão de Sementes a partir da disponibilidade de habitat e detecção da presença da fauna polinizadora e dispersora de sementes. O projeto também buscará estabelecer indicadores adequados que consigam avaliar o retorno das condições ambientais que permitam que os serviços impactados, polinização e dispersão de sementes, estejam disponíveis às comunidades beneficiárias locais com potencial de oferta semelhante a situação pretérita ao rompimento.	Área de detalhe - sub-bacia do FC + parte da sub-bacia do Casa Branca + parte da bacia do Paraopeba

Programa	Objetivo	Abrangência
Projeto de Acompanhamento do Impacto de Aumento na Incidência de Doenças relacionadas à Fauna Sinantrópica	<p>Definir metodologia para acompanhamento do impacto de Aumento na incidência de doenças relacionadas à fauna sinantrópica por meio do acompanhamento do processo de recuperação dos habitats naturais, de modo a confirmar – ou não – o impacto potencial e, caso confirmado, avaliar o sucesso dessas medidas para a disponibilização do serviço ecossistêmico de regulação vinculado ao controle natural da fauna sinantrópica.</p> <p>O projeto também buscará estabelecer indicadores específicos ou sugerir recortes de análise dos indicadores existentes que consigam avaliar o retorno das condições ambientais que permitam que o serviço impactado, de regulação de doenças e pragas, esteja novamente disponível às comunidades beneficiárias locais com potencial semelhante à situação pretérita ao rompimento.</p>	28 municípios, relacionados a seguir: Brumadinho, Igarapé, São Joaquim de Bicas, Mário Campos, Betim, Juatuba, Mateus Leme, Florestal, Pará de Minas, Esmeraldas, São José da Varginha, Pequi, Fortuna de Minas, Cachoeira da Prata, Inhaúma, Caetanópolis, Maravilhas, Papagaios, Paraopeba, Pompéu, Curvelo, Felixlândia, Morada Nova de Minas, Três Marias, Abaeté, Paineiras, Biquinhas, São Gonçalo do Abaeté

Há ainda os trabalhos relacionados à caracterização da área (estudos de base), cujas áreas de abrangência podem ser visualizadas na **Figura 4**.

- Estudos Geológicos Geotécnicos
- Estudos Hidrológicos
- Estudos Hidráulicos
- Estudos Hidrogeomorfológicos
- Modelagem Geológica 3D
- Estudos do Rejeito sob Dossel:

Figura 4. Abrangência dos estudos de base



C:\Users\lva\evangelista\ARCADIS\VALE\Para - 3-02015_Diretrizes\Mapas\Mapa_Plan03_Projetos\Abrangencia\Mapa_Plan_Area_Abrangencia_Estudos_Potamos_Per_03_A3.mxd Alterado por: lva evangelista Em: 07/10/2022

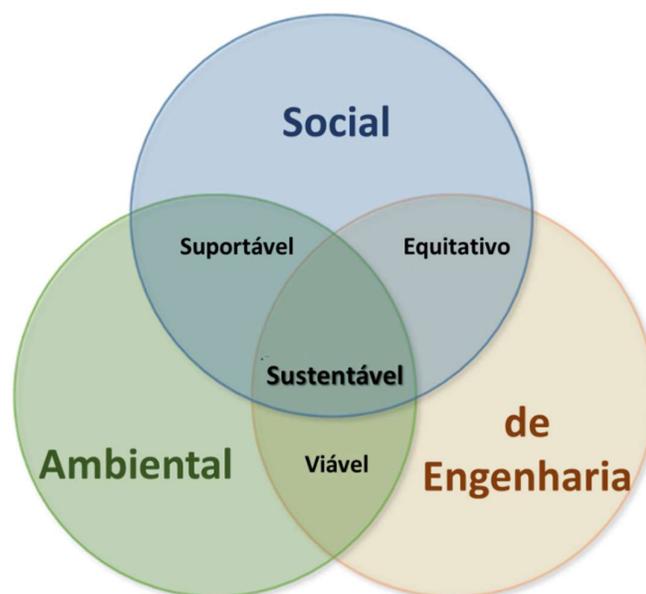
É importante destacar que a área de abrangência concebida para o Diretrizes é a área da mancha de rejeitos (excluindo-se a área da B-I e o compartimento F), conforme detalhado neste item, porém utiliza informações de uma área superior ao estabelecido como forma de ampliar a análise espacial para áreas adjacentes àquelas definidas no âmbito do Diretrizes.

5. PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO

Diante da complexidade da recuperação sustentável do ribeirão Ferro-Carvão foi considerada a utilização de uma metodologia de apoio para o processo de tomada de decisão. Assim, foi proposto o embasamento da decisão em critérios multidisciplinares, visto que essa abordagem permite a segurança da melhor escolha entre as alternativas de recuperação possíveis.

Ao considerar o processo para a tomada de decisão da recuperação sustentável para a bacia do ribeirão Ferro-Carvão, é necessário que as propostas de recuperação estejam embasadas em três dimensões, sendo elas a dimensão social, a ambiental e de engenharia (**Figura 5**).

Figura 5. Dimensões a serem consideradas para a recuperação sustentável da bacia do ribeirão Ferro-Carvão



Fonte: Adaptado de Bardos, Lazar e Willenbrock, 2009.

Como suporte à tomada de decisão, tem-se a ferramenta de Análise Multicritério (MCA – *Multi-Criteria Analysis*), que apresenta conceitos e bases para estruturar e modelar problemas complexos e que envolvem diversos *stakeholders* e interesses ambíguos nas decisões. Por meio dessa ferramenta é possível identificar e construir critérios considerando a avaliação de ações com potencialidade para solucionar o problema, segundo critérios específicos,

propostos para cada uma das três dimensões apresentadas na **Figura 5**. A adoção desta metodologia busca garantir que a seleção realizada seja o resultado de um processo participativo e multidisciplinar, tornando a decisão equilibrada e balanceada.

A ferramenta da MCA foi proposta pela Vale inicialmente no documento “*Diretrizes Gerais para Recuperação Sustentável da Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão*” protocolado em 01 de setembro de 2020 (SEI 18930372), para apoiar no processo de tomada de decisão para a recuperação sustentável dos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão impactados pelo rompimento da barragem B-I (área da mancha). Desde então, a MCA veio sendo estruturada e modelada juntamente ao órgão ambiental e a auditoria do MPMG, sendo, por fim, aprovada por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022, de 25 de maio de 2022.

O Conceito da Análise Multicritério (embasamento teórico, estruturação do modelo, coleta de dados, decisão em grupo e análise de inconsistência) aprovado pelo órgão ambiental foi descrito em detalhe na Etapa 2 do documento “*Diretrizes Gerais para Recuperação Sustentável da Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão*”, protocolado em 08 de abril de 2022 (SEI 44919382), podendo ser consultado no Item 9.1 (p. 236-249) do referido documento.

5.1. Macrofluxo do Processo da MCA – Recuperação da bacia do ribeirão Ferro-Carvão

Para melhor entendimento de como se dará o processo de votação e definição das alternativas de recuperação sustentável dos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão impactados pelo rompimento da barragem B-I (área da mancha), foi elaborado um fluxograma da metodologia da análise multicritério, denominado “Macrofluxo do Processo da MCA” (Macrofluxo). A primeira versão do Macrofluxo foi protocolada juntamente à Parte 1 do documento “*Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão*” de 22 de outubro de 2021 (SEI 37035306), sendo posteriormente atualizada na Etapa 2 do documento “*Diretrizes Gerais para Recuperação Sustentável da Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão*”, protocolado em 08 de abril de 2022 (SEI 44919382).

Após avaliação da Etapa 2 do Diretrizes pelo órgão ambiental, e manifestação por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022 de 25 de maio de 2022, foram solicitadas alterações no Macrofluxo. Estas alterações foram atendidas pela Vale e uma atualização do Macrofluxo da MCA contemplando as solicitações do ofício supracitado foi protocolada em 10 de outubro de 2022, junto ao Bloco I de respostas ao Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 (SEI 54507227).

Com o objetivo de facilitar a compreensão do processo da MCA, na sequência são retomadas as etapas do Macrofluxo, de acordo com as alterações solicitadas pelo órgão ambiental nos ofícios FEAM/GERAI nº 80/2022 e FEAM/GERAI nº 130/2022.

Partindo da **Figura 6**, o macrofluxo da metodologia da análise multicritério (MCA) é descrito em etapas, nas quais são identificados os *stakeholders* envolvidos em cada uma delas, bem como a sequência a ser seguida e replicada para todos os compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão impactados pelo rompimento da barragem B-I (área da mancha) a serem recuperados.

O fluxo da metodologia está dividido em 04 (quatro) grandes etapas, são elas:

1ª Etapa: Identificação do Problema (item 5.1.1);

2ª Etapa: Coleta de Dados e Identificação das Alternativas (item 5.1.2);

3ª Etapa: Escolha da Melhor Alternativa (item 5.1.3);

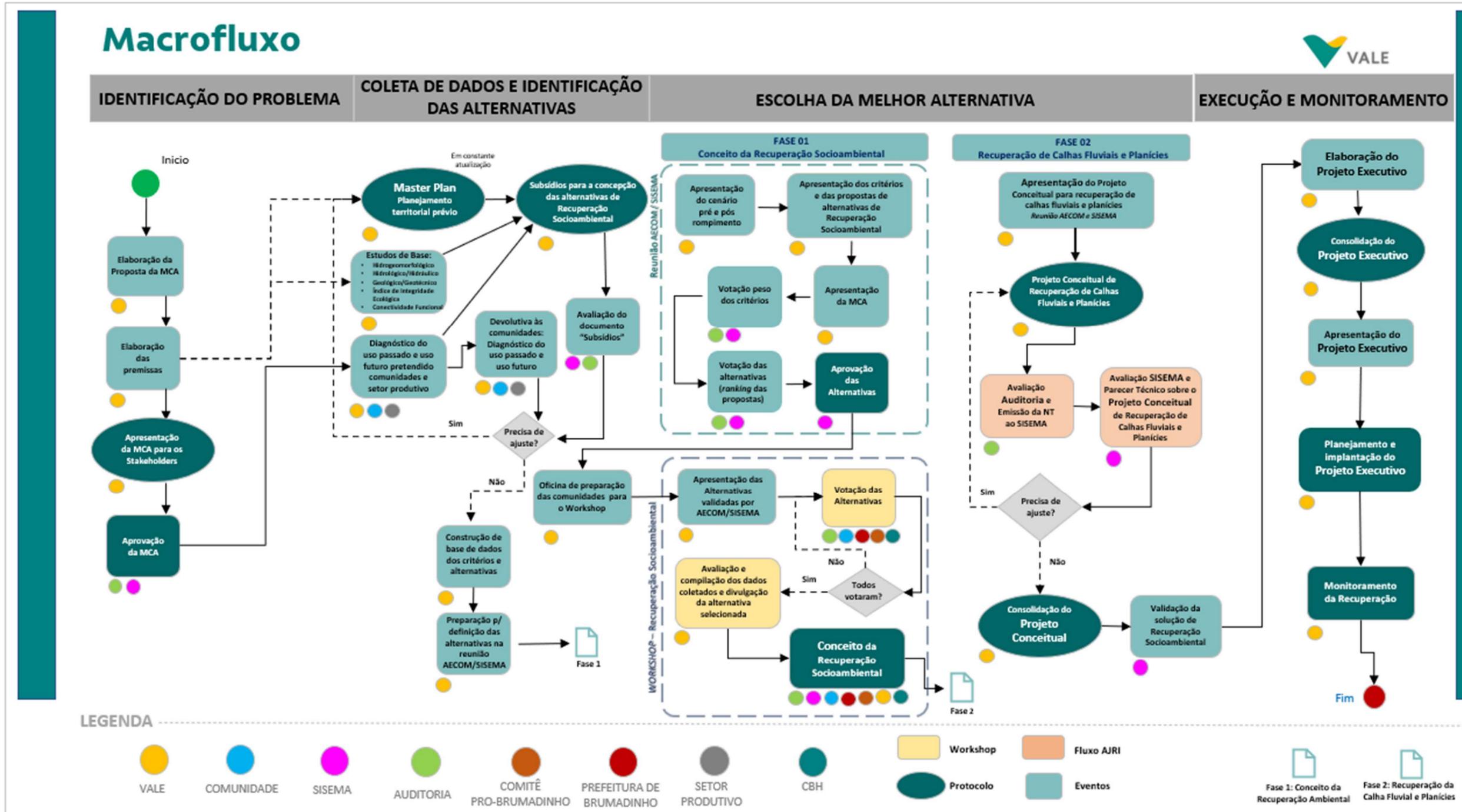
4ª Etapa: Execução e Monitoramento (item 5.1.4). Plano Plurianual de Manejo de Rejeitos).

Conforme o Plano Plurianual de Manejo de Rejeitos (atualizado e protocolado em 29/07/2022 em atendimento ao Ofício FEAM/GERAI nº 217/2021 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0921/2022 (SEI 50574512) a área da mancha está sendo organizada em 03 grandes compartimentos (**Figura 7**), seguindo a previsão de liberação das áreas. No presente documento, portanto, a escolha da melhor alternativa de recuperação da área impactada pelo rejeito está sendo proposta para ocorrer em 03 momentos:

- Escolha da melhor alternativa para os Remansos 1, 2 e 3 - (Workshop 01);

-
- Escolha da melhor alternativa para Área C – jusante Dique 2 (exceto Remanso 3), áreas D e E - (*Workshop 02*);
 - Escolha da melhor alternativa para Área B (exceto remansos 1 e 2) e área C (montante Dique 2) - (*Workshop 03*),

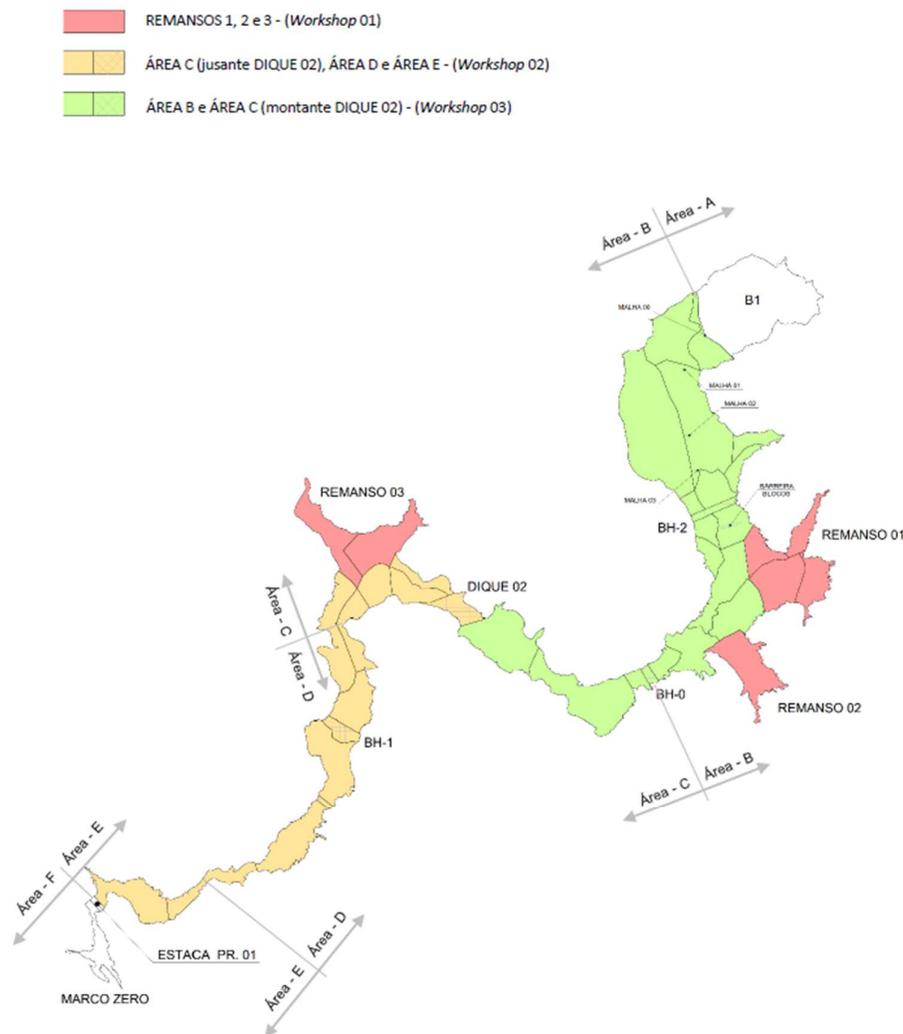
Figura 6. Macrofluxo da MCA para Recuperação Sustentável da bacia do ribeirão Ferro-Carvão



Fonte: Vale, 2022.

A **Figura 7** traz a ilustração dos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão que irão compor cada um dos *workshops* previstos para definição do conceito da recuperação socioambiental da área da mancha.

Figura 7. Compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão para os *workshops* de definição do conceito da recuperação socioambiental.



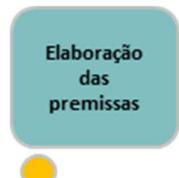
Fonte: Vale, 2022

Quanto a Área A (antiga B-I) e a Área F (Marco Zero), conforme disposto no item 4 “Abrangência”, elas não serão tratadas no âmbito do “*Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão*”.

5.1.1. Identificação do problema

A primeira etapa do Macrofluxo da **Figura 6**, Identificação do Problema, consiste em analisar o cenário pré-rompimento e o cenário pós-rompimento relacionado ao dano ambiental causado pelo rompimento da B-I. Inclui-se também nesta etapa o desenvolvimento, apresentação e aprovação de uma metodologia que apoie na tomada de decisão para a solução do problema identificado. A apresentação dos cenários pré-rompimento e pós-rompimento irá ocorrer na segunda etapa do Macrofluxo, anteriormente à apresentação das alternativas. O **Quadro 2** apresenta a descrição do passo a passo metodológico do processo da MCA para esta primeira etapa do Macrofluxo.

Quadro 2. Descrição do passo a passo da 1ª Etapa do Macrofluxo.

Passo a passo	Descrição
	<p>Descrita em sua última versão na Etapa 2 do documento “<i>Diretrizes Gerais para Recuperação Sustentável da Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão</i>”, protocolado em 08 de abril de 2022 (SEI 44919382).</p>
	<p>Consolidação das premissas que irão nortear as soluções de recuperação sustentável da bacia (apresentadas no item 5.1.3) e planejamento Plurianual de Manejo de Rejeitos¹ (sequenciamento da remoção total dos rejeitos por compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão, que propicia o início da recuperação).</p>
	<p>Apresentação da metodologia para os <i>stakeholders</i> (SISEMA - teste realizado em 15 de fevereiro de 2022; MPMG/AECOM - teste realizado em 24 de março de 2022).</p>
	<p>Conclusão da 1ª Etapa com a aprovação da metodologia MCA, por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022, de 25 de maio de 2022.</p>

Legenda: vide Macrofluxo.

¹ O PMR foi atualizado e protocolado em 29/07/2022 em atendimento ao Ofício FEAM/GERAI nº 217/2021 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0921/2022 (SEI 50574512).

5.1.2. Coleta de dados e identificação das alternativas

O **Quadro 3** apresenta a descrição do passo a passo metodológico do processo da MCA para a segunda etapa do Macrofluxo, “Coleta de dados e identificação das alternativas”.

Quadro 3. Descrição do passo a passo da 2ª Etapa do Macrofluxo.

Passo a passo	Descrição
 <p>Em constante atualização</p>	<p>Estruturação inicial do <i>Master Plan</i> a partir das premissas descritas no item 5.1.3.</p> <p>Concebido em uma perspectiva macro, apresenta as restrições e aptidões do território de abrangência da recuperação, para orientar os projetos conceituais de recuperação socioambiental (Fase 01 da próxima etapa).</p> <p>O <i>Master Plan</i> tem caráter dinâmico, ou seja, à medida dos avanços dos estudos de base, da evolução do manejo dos rejeitos, bem como das implementações de soluções nos compartimentos do ribeirão Ferro-Carvão, novas informações serão integradas a essa visão, permitindo seu aperfeiçoamento contínuo.</p> <p>A versão atual do <i>Master Plan</i> foi protocolada em 31 de agosto de 2022 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 (SEI 52368481) e um documento complementar sobre sua abrangência foi protocolado em 10 de outubro de 2022 junto ao Bloco I de respostas ao Ofício FEAM/GERAL nº 130/2022 (SEI 54507227).</p>
	<p>Coleta de dados e levantamento de informações técnicas. O item 10 “Integração dos Estudos” descreve a forma que os resultados obtidos a partir destes estudos de base estão conectados e como estes estão relacionados com o sequenciamento das ações de recuperação a serem estabelecidas nas áreas afetadas pelo rejeito.</p>
	<p>Consistiu em uma consulta junto às comunidades de Córrego do Feijão, Tejuco e Parque da Cachoeira (Remanso 1, 2 e 3) e ao setor produtivo local, sobre os usos pré-rompimento das áreas atingidas, e das expectativas quanto a recuperação das áreas de remanso, protocolado no Anexo C do Diretrizes Etapa 2 (SEI 44919382), “<i>Diagnóstico de Percepções Sociais das Áreas de Remansos</i>”.</p>

Legenda: vide Macrofluxo.

Quadro 3. Descrição do passo a passo da 2ª Etapa do Macrofluxo (continuação).

Passo a passo	Descrição
	<p>Elaborado a partir das informações do <i>Master Plan</i>, do Diagnóstico de uso passado e uso futuro pretendido e dos Estudos de base, este documento fornece os subsídios para a construção das alternativas de recuperação. Apresenta também os critérios e parâmetros associados a cada alternativa proposta a fim de subsidiar as análises por parte dos <i>stakeholders</i> e auxiliar na tomada de decisão para a recuperação sustentável de cada compartimento da área da mancha.</p> <p>O documento “<i>Subsídios para a concepção das alternativas de recuperação socioambiental dos remansos 1, 2 e 3: critérios ambientais, de engenharia e sociais</i>” foi protocolado em sua primeira versão em 08 de abril 2022, Anexo P do documento Diretrizes Etapa 2 (SEI 44919382).</p>
	<p>Etapa de avaliação do documento por SISEMA e AECOM. Em 09 de setembro de 2022, o Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022 trouxe a avaliação da auditoria do MPMG e parecer técnico do SISEMA quanto ao documento Subsídios para os remansos 1, 2 e 3. Para atendimento das solicitações e recomendações indicadas no referido ofício, uma complementação referente ao documento “Subsídios” protocolado em abril/22 está sendo apresentada no Anexo J que acompanha o presente documento.</p>
	<p>Após a análise dos resultados do Diagnóstico de Percepções Sociais das Áreas de Remansos foram realizadas devolutivas com as comunidades e setor produtivo consultados, entre julho e outubro de 2022. Estas devolutivas expuseram o diagnóstico realizado e foram utilizadas para avaliar a necessidade de adaptações ou revisões no <i>Master Plan</i> e no documento Subsídios, que vem sendo construído levando em consideração as percepções avaliadas com as comunidades. Não houve novos apontamentos pelos <i>stakeholders</i> nas devolutivas.</p>
	<p>O documento “Subsídios” apresenta os critérios e parâmetros pertinentes a cada proposta de alternativa os quais irão compor a base de dados que serão levados para a 3ª etapa do Macrofluxo do processo da MCA, “Escolha da melhor alternativa”, que será detalhada na sequência, no item 5.1.3.</p> <p>Para a preparação do modelo para votação com aplicação da MCA na etapa seguinte, serão construídos os bancos de dados dos critérios e alternativas em planilhas de cálculo (Excel) e formulários (<i>Pipefy</i>).</p>

Legenda: vide Macrofluxo.

5.1.3. Escolha da melhor alternativa

A terceira etapa do Macrofluxo, “Escolha da melhor alternativa”, ocorrerá em duas fases:

Fase 01 – Conceito da Recuperação Socioambiental

Fase 02 – Recuperação da Calha Fluvial e Planícies.

5.1.3.1. Fase 01 – Conceito da Recuperação Socioambiental

O objetivo da Fase 01 é selecionar a melhor alternativa para o conceito da recuperação socioambiental dentre os cenários concebidos na 2ª Etapa do Macrofluxo (Coleta de dados e identificação das alternativas). Esta fase está prevista para ocorrer em dois passos: (i) Reunião AECOM/SISEMA; (ii) *Workshop* – Conceito da Recuperação Socioambiental. A seguir, será detalhado cada um dos passos da Fase 01.

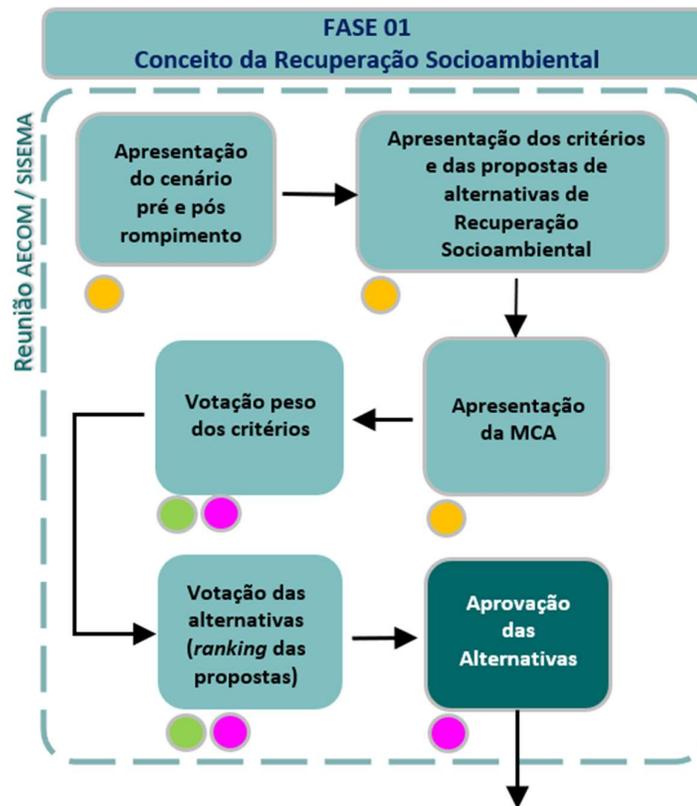
i) Reunião AECOM/SISEMA

A **Figura 5** traz o detalhe extraído do primeiro passo da Fase 01 da 3ª Etapa do Macrofluxo.

O primeiro passo consistirá, portanto, na realização de uma reunião da Vale com AECOM e SISEMA. Esta reunião inicia com uma apresentação por parte da Vale dos estudos que caracterizam os cenários pré e pós rompimento do compartimento alvo da recuperação. Para a esta primeira reunião, os compartimentos alvo serão os Remansos 1, 2 e 3 (conforme apontado anteriormente, **Figura 7**).

Após a apresentação dos cenários pré e pós rompimento do compartimento em questão, serão então apresentados os critérios sociais, ambientais e de engenharia que embasaram as propostas de alternativas de Recuperação Socioambiental. Observa-se que o documento Subsídios será elaborado para cada um dos compartimentos previstos (**Figura 7**).

Figura 8. Detalhe do primeiro passo da Fase 01 da 3ª Etapa do Macrofluxo



Legenda: vide Macrofluxo.

Com o conhecimento dos critérios e das alternativas propostas, na sequência, a metodologia da MCA será apresentada para AECOM e SISEMA, e utilizada como ferramenta de seleção das alternativas que serão levadas para o *Workshop* do Conceito da Recuperação Socioambiental, segundo passo da Fase 01.

Seguindo solicitações dos ofícios FEAM/GERAI nº 80/2022 e FEAM/GERAI nº 130/2022, o processo de aplicação da MCA foi reavaliado. Esta reavaliação levou em consideração o disposto no Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022 que menciona que

“A metodologia utilizada é intrinsecamente complexa, e as dificuldades se tornam ainda maiores para votantes que não estão familiarizados com os termos técnicos.”

Assim, a Vale propõe que a utilização da ferramenta da MCA ocorra somente nesta etapa de validação/aprovação das alternativas, com os *stakeholders* AECOM e SISEMA.

Ainda, o Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022 solicita que:

“(...) a etapa preliminar de validação dos critérios e das alternativas deverá ocorrer conforme proposto no documento de Diretrizes, entre as equipes do Sisema, da Vale S.A. e Aecom. (...) sendo que cabe ao órgão a aprovação de todos os critérios e alternativas que serão levados à votação, uma vez que estas não devem entrar em conflito com as premissas de restauração previstas na legislação ambiental.”

Dando sequência ao detalhamento da etapa “Apresentação da MCA” do fluxo da **Figura 8**, conforme a estruturação do modelo da MCA (aprovado por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022), ao ter as opções de alternativas, o modelo permite a definição dos critérios que são pertinentes para a tomada de decisão considerando as três dimensões: social, ambiental e de engenharia (**Figura 5**). Ao avaliar a pertinência dos critérios frente as alternativas, será definido o peso de cada um dos critérios, comparando-se um vs. o outro e, posteriormente, frente a cada um dos critérios será definido o valor das alternativas, uma vs. a outra, possibilitando, desta forma o ordenamento das alternativas conforme as avaliações feitas pelos entes votantes.

Durante a Reunião AECOM/SISEMA, portanto, haverá dois momentos de votação, o primeiro será para definição do peso dos critérios, e o segundo será para colocar valor nas alternativas de recuperação sustentável frente aos critérios. Para esta votação está prevista a participação do SISEMA, através de suas instituições: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Instituição Estadual de Florestas (IEF), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e Superintendência de Projetos Prioritários (SUPPRI) e do MPMG representado tecnicamente pela auditoria independente AECOM. Dessa forma, as instituições poderão definir o número de membros que participarão da votação. Os membros irão responder individualmente os questionários e uma média destes questionários irá contabilizar 01 voto por instituição presente na reunião.

Após cada votação, a Vale fará a avaliação dos dados coletados e sua inserção na base de dados e/ou planilhas previamente construídas. O formulário

que será utilizado para o processo de votação será elaborado com base nas alternativas e critérios apresentados no documento Subsídios.

Em relação ao formulário de votação a ser disponibilizado para os votantes, a ferramenta a ser implementada será a plataforma *Pipefy*, conforme aprovado pelo Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022. Esta plataforma é mais compatível com as necessidades do processo do que a plataforma previamente proposta (*Microsoft Forms*). Ressalta-se que a implementação desta nova plataforma (*Pipefy*) não irá alterar a matemática e o processamento dos votos, que seguirá sendo processado no software Microsoft Excel.

A partir do cálculo na análise em grupo utilizando os resultados dos pesos calculados dos critérios, os valores finais de cada uma das alternativas darão base para a tomada de decisão de forma quantitativa, conforme pode ser observado no exemplo hipotético da **Tabela 1**. A configuração do cálculo utilizada na metodologia também já foi aprovada pelo Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022 e pode ser consultada no documento Diretrizes Etapa 2 (p. 260-265) (SEI 44919382).

Tabela 1. Resultados da votação dos pesos dos Critérios X Alternativas para uma situação hipotética de 09 critérios e 03 alternativas.

Critérios	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tempo de Implantação	0,1%	22,1%	19,5%	58,4%
Ciclo de vida recuperação	10,8%	33,3%	33,3%	33,3%
Flexibilidade da Solução	4,2%	33,3%	33,3%	33,3%
Criação de Habitat	10,3%	67,3%	12,9%	19,8%
Permeabilidade Ambiental	12,2%	55,7%	12,2%	32,2%
Conectividade Biota Aquática	9,5%	67,3%	12,9%	19,8%
Uso futuro	13,3%	48,0%	20,6%	31,4%
Impacto gerado à população do entorno	23,0%	47,9%	24,4%	27,7%
Compatibilidade com usos passados ou com a expectativa social	16,5%	20,6%	48,0%	31,4%
Peso	100%	45,5%	25,6%	28,9%

Fonte: Vale, 2022.

Conforme solicitação no Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022 (ID 90. IGAM/GPLAN), desta reunião serão selecionadas/aprovadas pelo órgão ambiental três alternativas, utilizando-se, para tanto, do *ranking* gerado pela votação das alternativas a partir da MCA. Estas três alternativas serão levadas à votação no *Workshop*, passo seguinte do Macrofluxo detalhado na sequência, onde haverá a participação das comunidades e demais *stakeholders*.

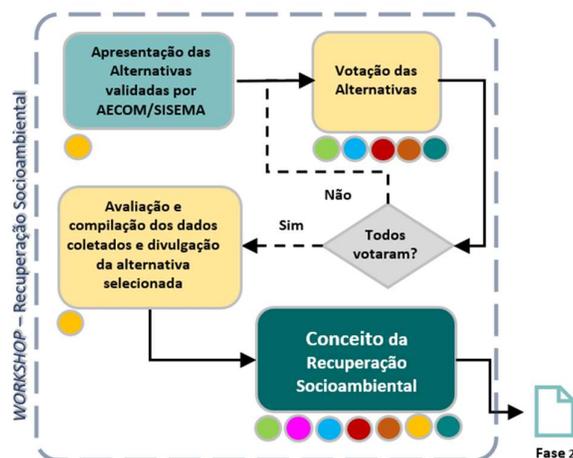
Oficina de preparação das comunidades para o Workshop

Após a definição das três alternativas na Reunião AECOM/SISEMA e previamente ao *Workshop*, ainda na Fase 01, será realizada pela Vale uma oficina de preparação das comunidades participantes (Tejuco, Parque da Cachoeira e Córrego do Feijão) para o *Workshop*. Essa preparatória tem como objetivo apresentar as alternativas de recuperação sustentável aprovadas pelo órgão ambiental e que serão votadas no *Workshop*. A finalidade é garantir o entendimento e nivelamento dos *stakeholders* sobre os conceitos, critérios e parâmetros utilizados na concepção das alternativas previamente selecionadas, subsidiando assim a escolha da melhor alternativa de recuperação durante o *Workshop*.

ii) *Workshop* com comunidades e demais *stakeholders*

A **Figura 9** retoma em detalhe o segundo passo da Fase 01 da etapa de Escolha da Melhor Alternativa (3ª etapa do Macrofluxo).

Figura 9. Detalhe do segundo passo da Fase 01 da 3ª Etapa do Macrofluxo



Legenda: vide Macrofluxo.

O segundo passo da Escolha da Melhor Alternativa na Fase 01 será, portanto, a realização do *Workshop* com comunidades e demais *stakeholders*. A realização do *Workshop* tem por objetivo garantir a escolha da alternativa de recuperação sustentável considerando os aspectos sociais, ambientais e de engenharia, por meio de uma análise multidisciplinar, e os anseios dos *stakeholders* envolvidos no processo.

O *Workshop* será conduzido pela Vale e suas contratadas e, conforme manifestação do órgão ambiental por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022, o SISEMA irá participar apenas como espectador do *Workshop*, de forma a auxiliar o andamento do processo, uma vez que todas as alternativas a serem votadas pelas comunidades e demais *stakeholders* já terão sido previamente validadas pelo SISEMA. Dessa forma, está prevista a participação das seguintes instituições votantes:

- Comunidade Córrego do Feijão;
- Comunidade Parque da Cachoeira;
- Comunidade Tejuco;
- Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba (CBH);
- Comitê Pró-Brumadinho;
- Prefeitura de Brumadinho;
- MPMG representado tecnicamente pela auditoria independente AECOM.

Quanto a participação da auditoria independente AECOM, a mesma se manifestou por meio da NT N.º 60612553-ACM-DM-ZZ-TN-PM-0025-2022, mencionando que:

“A AECOM reforça que a participação da AECOM neste processo, com o que for o papel que caiba a esta auditoria independente, deverá ser definida e aprovada junto ao MPMG, respeitando-se a governança estabelecida para o TAC de 15/02/2019.”

Nesta etapa fica a critério de cada instituição a definição do número de membros que participarão da escolha da melhor alternativa. No entanto, ao final da votação, uma média destes votos irá contabilizar 01 voto por instituição presente no *workshop* (listadas acima).

Para atender à solicitação do órgão ambiental por meio do Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022 (ID 63. FEAM/GERAI), cada comunidade terá um

voto, sem que o ocorra o agrupamento das mesmas, como estava previsto na proposta anterior.

Conforme **Figura 9** o *Workshop* iniciará com a apresentação das alternativas (previamente aprovadas na Reunião AECOM/SISEMA) propostas para a recuperação socioambiental do compartimento alvo do *workshop*, demonstrando os pontos notáveis em cada uma delas, além de possíveis elementos que gerem divergências e, por isso, precisam ser votados em reunião com a participação dos *stakeholders*.

Por meio de uma votação simples as instituições votantes irão eleger a alternativa que consideram melhor para o compartimento em questão. Em caso de empate entre alternativas, prevalecerá aquela que apresentar menores intervenções na Zona Legalmente Protegida (ZLP) conforme definido no mapa integrado do *Master Plan* (protocolado em 31/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 - SEI 52368481). A Vale realizará então, a avaliação e compilação dos dados coletados, e a divulgação da alternativa selecionada.

Dessa forma, estará definido o Conceito da Recuperação Socioambiental comum a todos os *stakeholders* presentes, ou seja, estará validada a solução a ser implantada no compartimento alvo do *workshop*, finalizando a Fase 01 da etapa de Escolha da Melhor Alternativa.

O diagrama apresentado a seguir na **Figura 10** ilustra as fases do sistema decisório para a recuperação da bacia do Ferro-Carvão. Para cada compartimento do ribeirão Ferro-Carvão a ser recuperado serão propostas alternativas de recuperação na Fase 01, para definição do “*Conceito da Recuperação Socioambiental*”, e na Fase 02 (a ser descrita em detalhe no próximo item 5.1.3.2) irá ocorrer a avaliação e consolidação do “*Projeto Conceitual de Recuperação de Calhas Fluviais e Planícies*”. A Fase 01 ocorre com participação da comunidade e demais *stakeholders* na votação para escolha da melhor alternativa em *workshop*, conforme descrito anteriormente e, na Fase 02, não haverá *workshop* com participação da comunidade e demais *stakeholders*, conforme determinação do Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022 (mencionada a seguir no item 5.1.3.2).

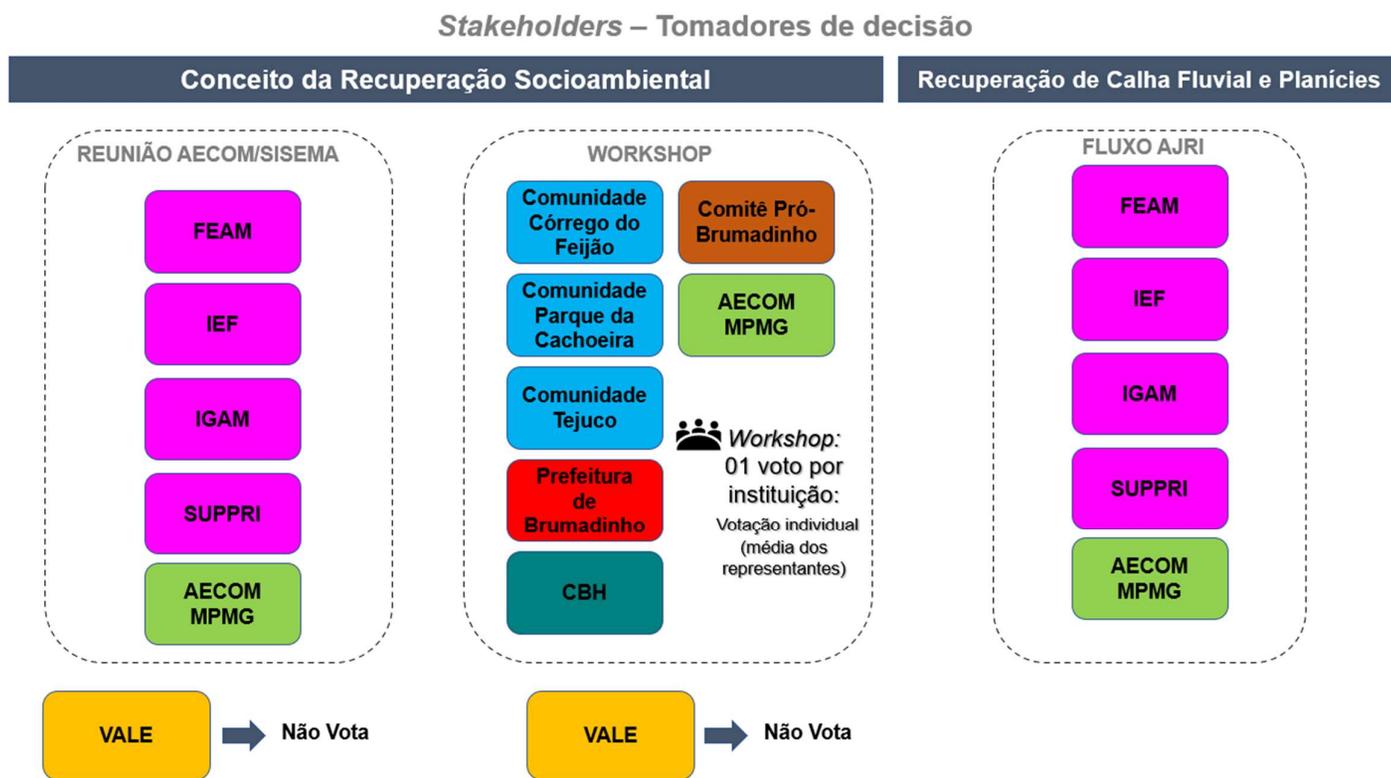
As fases da etapa de escolha da melhor alternativa bem como as instituições mapeadas para votação estão resumidas e apresentadas na **Figura 11**. Destaca-se que a Vale não participará das votações.

Figura 10. Fluxograma da fase do sistema decisório para a recuperação da bacia do Ferro-Carvão



Fonte: Vale, 2022.

Figura 11. Stakeholders e suas instituições que participarão do processo de escolha da melhor alternativa

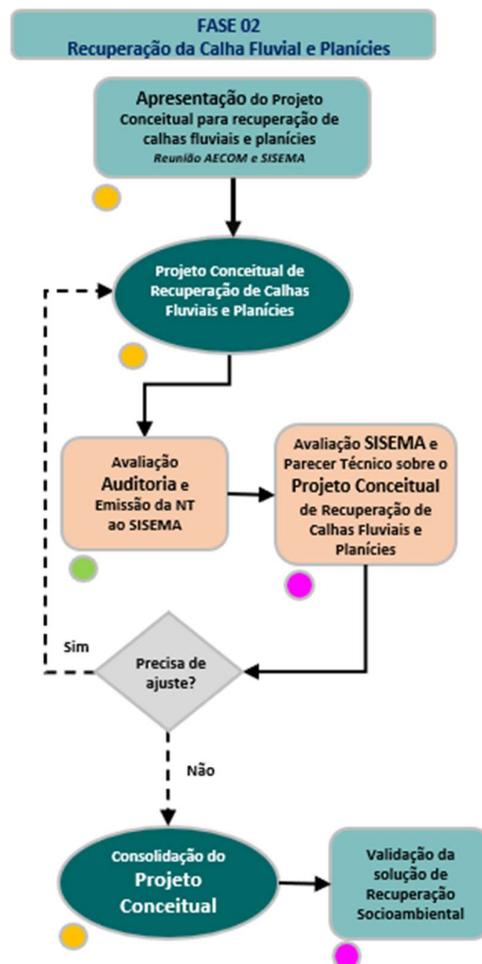


Fonte: Vale, 2022.

5.1.3.2. Fase 02 – Recuperação das Calhas Fluviais e Planícies

O objetivo da Fase 02 é desenvolver e aprovar o conceito da recuperação das calhas fluviais, planícies e encostas adjacentes, finalizando a 3ª Etapa do Macrofluxo com a consolidação do Projeto Conceitual de recuperação do compartimento alvo. Para fins de conceituação, as áreas adjacentes às calhas fluviais não definidas como planícies e que foram também impactadas por ocasião da passagem do rejeito – como as encostas e rampas de colúvio presentes na área diretamente impactada – estão inseridas no contexto das áreas passíveis de recuperação. A **Figura 12** traz o detalhe do passo a passo metodológico da Fase 02 da etapa de Escolha da Melhor Alternativa (3ª etapa do Macrofluxo).

Figura 12. Detalhe da Fase 02 da 3ª Etapa do Macrofluxo



Legenda: vide Macrofluxo.

A partir da definição do conceito da recuperação socioambiental (Fase 01), a Fase 02 – Recuperação das Calhas Fluviais e Planícies – inicia-se com o desenvolvimento de soluções de recuperação para calhas fluviais e planícies, baseando-se nos estudos de base (apresentados no item 9), analisando outros critérios não abordados na Fase 01, bem como utilizando-se da lista de técnicas apresentada no item 8.9 do Diretrizes Etapa 2, protocolado em 08 de abril de 2022 (SEI 44919382), e também nas técnicas e métodos de recuperação previstos nos programas do PRSA. Constitui-se assim o “*Projeto Conceitual para Recuperação de Calhas Fluviais e Planícies*” o qual será protocolado e apresentado em reunião com AECOM e SISEMA.

Destaca-se que o documento anteriormente denominado “*Subsídios para a concepção das alternativas de Recuperação de Calhas Fluviais e Planícies*” (citado na atualização do Macrofluxo de 10 de outubro de 2022 – SEI 54507227), passa agora a nível de projeto conceitual, dado o grau de informações dos estudos de base utilizados na etapa anterior, os quais permitem o detalhamento de algumas soluções para o tratamento das seções fluviais e áreas adjacentes em nível de projeto conceitual.

Também em relação à Fase 02, reforça-se o que foi solicitado no Ofício FEAM/GERAI nº. 80/2022 (47115610):

“No que diz respeito à definição da recuperação de calhas fluvial e de planícies, não é pertinente a participação da população no processo de decisão, dado o caráter essencialmente técnico das escolhas que serão efetuadas. Desta forma, a definição deverá ser realizada conforme o fluxo definido no Acordo Judicial, sem prejuízo de reuniões técnicas eventualmente necessárias”.

Portanto, após o protocolo, as definições e aprovações seguirão conforme o fluxo definido no Acordo Judicial de Reparação Integral (AJRI) destacado na **Figura 12**, onde consta as etapas de “Avaliação da auditoria e emissão de nota técnica ao SISEMA”, e “Avaliação do SISEMA e parecer técnico do Projeto Conceitual de Recuperação de Calhas Fluviais e Planícies”.

5.1.4. Execução e monitoramento

Após a definição e validação da solução de recuperação sustentável a ser implantada em cada compartimento do ribeirão Ferro-Carvão (Conceito da Recuperação Socioambiental + Projeto Conceitual de Calhas Fluviais e Planícies), a Vale iniciará o processo de contratação para o desenvolvimento do Projeto Executivo.

Após a conclusão do Projeto Executivo, este será apresentado pela Vale, e protocolado para conhecimento do órgão ambiental. Serão então definidas pela Vale as estratégias de Planejamento e Implantação do Projeto Executivo, seguidos do Monitoramento da Recuperação. A partir da implantação, o projeto passa a ser acompanhado/monitorado no âmbito dos programas do PRSA.

6. PREMISSAS GERAIS

Neste item são apresentadas as premissas gerais utilizadas para a proposição/definição das soluções a serem implementadas nos diferentes compartimentos.

Vale destacar que, o sequenciamento das áreas para recuperação sustentável ocorrerá de acordo com o sequenciamento da remoção de rejeitos e liberação de áreas previsto no Planejamento Plurianual de Manejo de Rejeitos apresentado no Plano de Manejo de Rejeitos (PMR) atualizado e protocolado em 29/07/2022 em atendimento ao Ofício FEAM/GERAI nº 217/2021 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0921/2022 (SEI 50574512).

A primeira premissa assumida é a não interferência nas operações de buscas às vítimas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG). A partir disso, outras premissas são consideradas conforme exposto a seguir.

6.1. Não interferência nas operações de buscas pelo CBMMG

O planejamento e a continuidade das atividades de recuperação deverão seguir a estratégia de buscas às vítimas adotada pelo CBMMG. Tal estratégia segue uma sequência obtida por meio do setor de inteligência da corporação, que se baseia em dados estatísticos e em análises das informações de mapeamento para as buscas. Além disso, são consideradas questões de drenagem das áreas e condições locais em período chuvoso e seco, visto que somente após a liberação da área pelo CBMMG, é possível seguir com a remoção dos rejeitos, com as atividades relacionadas a avaliação e liberação da área e posterior implantação das obras de recuperação planejadas.

6.2. Remoção dos rejeitos

Como consequência do rompimento da barragem, os remanescentes de vegetação nativa, constituídos basicamente por formações florestais semidecíduas, sofreram um impacto significativo. O mais evidente deles foi a supressão parcial dessa vegetação pelo arraste do rejeito ao longo da bacia do ribeirão Ferro-Carvão, o que provocou uma perda direta de cerca de 140 ha dessas formações. Essa supressão, pelo efeito físico do arraste, teve ainda como consequência a fragmentação dos remanescentes, a perda de espécies

raras e/ou protegidas, a redução do banco de sementes natural, entre outros danos. Um segundo impacto observado, embora de proporções menores, refere-se à deposição de rejeito ao longo de áreas florestadas que, em um primeiro momento, não provocaram a supressão da cobertura e que estão sendo tratadas como áreas com rejeito sob dossel.

Desta forma, é considerada a premissa de remoção dos rejeitos para a região da B-I e para as regiões impactadas onde há depósito de rejeitos carregados pelo rompimento da barragem (chamada de zona quente ou mancha de rejeito), que inclui a região em área aberta (vale do ribeirão Ferro-Carvão) e as áreas com rejeito sob dossel.

A delimitação e a subdivisão da área diretamente impactada na bacia do ribeirão Ferro-Carvão, bem como a delimitação da área com rejeito sob dossel foram apresentadas no Plano de Manejo de Rejeitos (PMR) atualizado e protocolado em 29/07/2022 em atendimento ao Ofício FEAM/GERAI nº 217/2021 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0921/2022 (SEI 50574512).

A área com rejeito sob dossel foi investigada tendo como objetivos principais: mapear e/ou validar os limites do rejeito sob dossel, estimar as espessuras de rejeito e reconhecer o contato destes materiais com os horizontes superficiais dos solos naturais, no âmbito pedológico e geológico/genético. O resultado dos estudos referente ao rejeito sob dossel, bem como a metodologia adotada foi protocolado em 31/10/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1298/2022 (SEI 55548712).

6.3. Descomissionamento das estruturas de contenção

Para a contenção do avanço dos rejeitos para o rio Paraopeba, foram construídas algumas barreiras de contenção, sendo elas a Estacas Prancha 01 (EP 01), a Barreira Hidráulica 1 (BH1), o Dique 2, a Barreira Hidráulica 0 (BH0) e as Barreiras de Estabilização de Calha (BEC's).

Todas essas estruturas foram concebidas de forma a serem descomissionáveis e serão descomissionadas, conforme previsto no Plano Plurianual de Manejo de Rejeitos, seguindo a previsão de recuperação das áreas

e a segurança de não serem mais necessárias para a função que desempenhavam.

Além disso, no Planejamento Plurianual também está previsto o comissionamento e descomissionamento de novas estruturas, sendo elas: a Barreira Hidráulica 2 (BH2), a Estaca Prancha 03 (EP 03) e as 4 barreiras dinâmicas/malhas de contenção de rejeitos. O planejamento atual para o comissionamento e descomissionamento destas estruturas é apresentado na **Figura 13** abaixo.

Figura 13. Previsão de comissionamento e descomissionamento das estruturas.



Fonte: Vale, 2022.

6.4. Criação de área protegida na bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão

A criação de uma área protegida na bacia hidrográfica do Ribeirão Ferro-Carvão é objeto do Termo de Compromisso firmado entre o Município de Brumadinho e a Vale em 11/07/2019, que determina os atos para viabilizar as atividades necessárias ao manejo dos rejeitos e à recuperação ambiental da área afetada pelo rompimento da BI, da Mina do Córrego do Feijão.

O Termo de Compromisso visa à efetivação dos procedimentos que viabilizem a execução do manejo de rejeito, recuperação ou recomposição ambiental e a subsequente criação, implantação e manutenção, pelo Município

de Brumadinho, de uma área protegida denominada inicialmente Parque Municipal Ferro-Carvão.

Em 12/07/2019, a Prefeitura Municipal de Brumadinho publicou o Decreto Municipal 105/2019, o qual declara de utilidade pública, para fins de desapropriação de pleno domínio, áreas de terrenos rurais situadas no município de Brumadinho alvo das ações de reparação ambiental. Essas áreas, tão logo cessadas as ações de recuperação, passarão a compor, em sua totalidade, a área protegida.

Dentre os compromissos assumidos pela Vale, ficou determinado que a empresa deverá assumir a execução da recuperação ambiental que viabilize a criação, implantação e manutenção do Parque Municipal Ferro-Carvão.

Desta forma, a criação de uma área protegida na bacia hidrográfica do Ribeirão Ferro-Carvão, denominada Parque Municipal Ferro-Carvão, está condicionada à recuperação ambiental das áreas afetadas pela mancha de rejeitos, com o reestabelecimento das funções ecológicas deste ambiente, assim como a elaboração e submissão de projetos aos órgãos competentes.

Em 17/12/2021 foi assinado um Termo de Aditivo ao Termo de Compromisso e Assunção de Responsabilidade firmado em 11/07/2019 entre o município de Brumadinho e a Vale, mantendo a nomenclatura da área protegida como "Parque Municipal Ferro-Carvão", porém sem vincular aos termos do SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

A delimitação proposta para o parque está ilustrada na **Figura 14**.

6.5. Zoneamento proposto no *Master Plan*

A última versão do *Master Plan* foi protocolada em 31/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 (SEI 52368481). Destaca-se que por ocasião do bloco 1 de respostas, ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, em 10/10/2022 (Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 - SEI 54507227) foi protocolado o documento "*Master Plan: Abrangências*" em complementação à versão do documento de agosto de 2022. Neste documento é apresentada uma proposta de zoneamento que contribuiu na definição de uso futuro das áreas e conseqüentemente nas propostas de recuperação a serem discutidas no âmbito do Diretrizes.

No item 7 há outras considerações a respeito do *Master Plan*.

6.6. Premissas Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022

Conforme recomendação do ofício em epígrafe os seguintes itens são considerados como premissas:

- a) As intervenções devem buscar, sempre que possível, a restauração da bacia a partir da cabeceira em direção à foz para ganho de efetividade;
- b) Áreas que apresentavam uso antrópico previamente ao rompimento poderão ser restauradas à condição ambiental original conforme as fitofisionomias da região ou recuperadas à uma condição que permita reestabelecer o uso antrópico;

Considera-se que a condição original, neste item e nos demais, se refere à condição pré-rompimento, conforme dispõe o item 2.3 do Acordo Judicial de Reparação Integral - AJRI:

"A reparação socioambiental terá como referencial a situação anterior ao Rompimento, o Plano de Reparação Socioambiental e seus indicadores a serem aprovados nos termos deste Acordo."

- c) Áreas que eram preservadas com vegetação nativa, sem uso antrópico, previamente ao rompimento deverão ser restauradas à condição ambiental original conforme as fitofisionomias da região;

Neste item é importante destacar que conforme última versão do *Master Plan* as áreas anteriormente preservadas estão na Zona Legalmente Protegida – ZLP e Zona Potencial de Uso Sustentável e Conservação - ZPUSC. Estas zonas contemplam especialmente as APP's hídricas e de declividade e as reservas legais, as florestas existentes, as áreas com alto potencial de conectividade, as áreas de florestas pré rompimento, as áreas em restauração e com potencial para restauração florestal. Nessas áreas serão envidados esforços para a conservação florestal, porém caso haja necessidade de algum uso antrópico (acessos, lazer, trilhas etc.), conforme definições das etapas do Macrofluxo (item 5 Processo de Tomada de Decisão), esse será devidamente explicitado e justificado.

- d) Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais deverão ser restauradas à condição ambiental original conforme as fitofisionomias da região;

Serão respeitadas as questões legais referentes às APPs e Reservas Legais, em especial a lei nº 12.651/2012.

- e) Áreas para as quais não existem dados sobre sua situação pretérita ao rompimento deverão ser restauradas à condição ambiental original conforme as fitofisionomias da região;
- f) Restauração da topografia original e dos leitos de seca, cheia e inundação, bem como do gradiente lateral de profundidade;
- g) Restauração do trajeto original dos cursos d'água suprimidos;
- h) Restauração da variação longitudinal de profundidade e dos trechos de remansos e corredeiras condicionados por soleiras e depressões (*riffle-pool sequence*);
- i) Em caso de impossibilidade física de cumprimento das premissas acima, a mesma deve ser demonstrada;

Com relação aos itens “f” ao “i” destaca-se a importância de observar os resultados dos estudos hidrológicos, hidráulicos e hidrogeomorfológicos os quais têm seus objetivos descritos neste documento e são realizados para subsidiar os projetos de recuperação do ribeirão Ferro-Carvão e afluentes. As características requeridas para a reconformação das calhas fluviais e planícies serão demonstradas nesses estudos.

- j) A proposta de recuperação ambiental em nível de bacia hidrográfica, incluindo drenagens de cabeceira, rios tributários e a calha do ribeirão Ferro-Carvão até a foz no rio Paraopeba;

Destaca-se que as ações de recuperação são adstritas à área diretamente impactada pelo rompimento, de forma que as demais ações serão de compensação e tratadas no âmbito do PCA. Reforça-se que o Anexo II.1, do AJRI, detalha os trechos de reparação do ribeirão Ferro-Carvão de forma expressa, sendo as demais medidas de compensação descritas no Anexo II.2.

O Programa de Recuperação de Nascentes e outras ações compensatórias foram retiradas do PRSA, inicialmente por motivação do SISEMA e, posteriormente pelo AJRI. Abaixo, algumas evidências:

Nota Técnica nº 2/FEAM/DOCUMENTACAOB1/2019, de 12/7/2019

“Em relação à Programas Compensatórios não previstos em legislação específica, com vistas a compensar impactos do desastre, em áreas que não foram diretamente impactadas e que terão o objetivo de melhorar a qualidade ambiental da bacia, não são alvo desta Nota Técnica e serão tratados em momento oportuno.”

Análise Preliminar realizada pela FEAM, IGAM, IEF e SEMAD (arquivo PPT) em 10/01/2020

“Este Programa [de Recuperação de Nascentes] possui cunho compensatório e, portanto, deve ser readequado ou retirado do documento, visto se tratar de um Plano Integrado de Reparação.”

Ofício IEF/GRAPE nº. 65/2020, de 28/4/2020.

“Na definição das medidas de reparação em cada impacto não considerar medidas compensatórias, como aquelas constantes no Programa de Conservação e Recuperação de Nascentes e Programa de Compensação Legal, uma vez que estas serão tratadas em documento específico e não neste Plano de Reparação.”

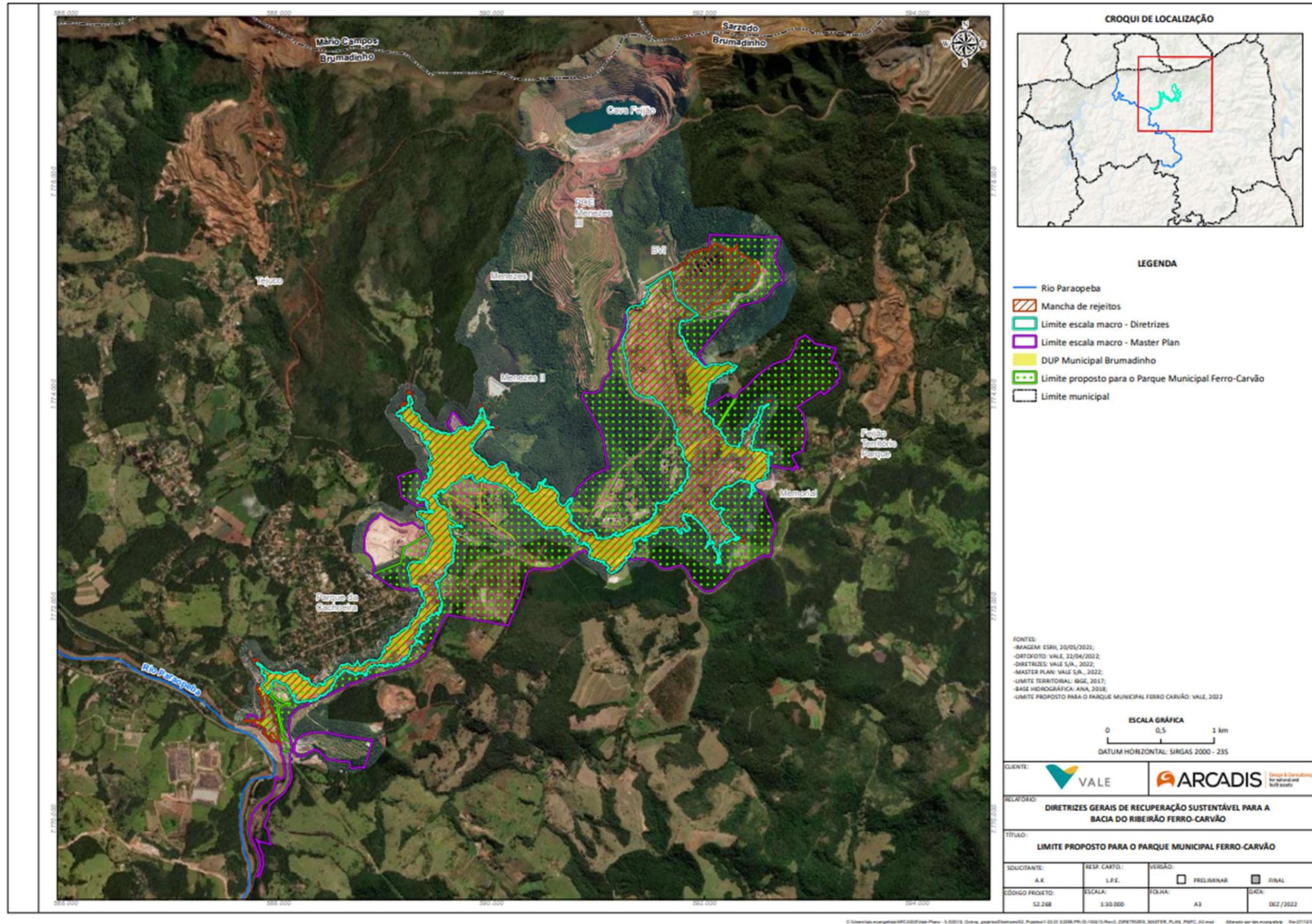
Acordo Judicial de Recuperação Integral

O AJRI remete a compensação socioambiental dos danos já conhecidos ao Anexo II.2. Entre a lista de projetos referenciais, destaca-se aqueles que possuem relação com a solicitação: “Fortalecimento do Programa de Regularização Ambiental e recuperação de áreas de recarga hídrica” e “Implantação do Programa Somos Todos Água – revitalização de Áreas Prioritárias”, este último é um programa estratégico da Semad.

- k) Projetos de recuperação nos cursos d’água dentro do Diretrizes devem priorizar a conectividade hídrica e conservação de *habitat*. Assim, propostas que incluam canalizações totais ou parciais, barramentos e outras medidas que rompam a conexão longitudinal, lateral (regulação de vazão e pulso de inundação), sazonal (regulação de vazão e pulso de inundação) ou vertical (zona hiporréica) são indesejáveis.
- l) Os atos para recuperação ambiental acordados no Termo de Compromisso firmado entre o Município de Brumadinho e a Vale

S.A., em 11 de julho de 2019, não poderão ser menos restritivos que as definições estabelecidas pelo SISEMA para a recuperação sustentável da bacia do ribeirão Ferro-Carvão, independente das expectativas de uso futuro para esta área.

Figura 14. Limite proposto para o Parque Municipal Ferro-Carvão



7. MASTER PLAN

As análises integradas permitem compreender o ambiente em sua totalidade, a partir de suas características socioambientais, bem como da multiplicidade de atividades e intervenções existentes nas diferentes paisagens e ao longo do tempo.

Destaca-se que as novas ferramentas de geoprocessamento são hoje um importante aliado para os estudos multitemáticos. Desse modo, utilizou-se sistemas de informações geográficas (SIG), mais especificamente a técnica de sobreposição (overlayers), também denominada método multicamadas para a integração das informações individuais que compuseram o *Master Plan*.

A última versão do *Master Plan* foi protocolada em 31/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1033/2022 (SEI 52368481). Destaca-se que por ocasião do bloco 1 de respostas, ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, em 10/10/2022 (Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 1222/2022 (SEI 54507227)) foi protocolado o documento "*Master Plan: Abrangências*" em complementação à versão do documento de agosto de 2022.

No documento em epígrafe são realizadas análises individualizadas referentes aos aspectos fundamentais (Fundamentação), que inclui em especial itens relacionados ao ordenamento do território, bem como temas relacionados à caracterização da área de estudo.

Ao final, é apresentado um mapeamento com zonas definidas, a partir da integração das informações individualizadas conforme a seguir.

- **Zona Legalmente Protegida – ZLP**

Esta zona refere-se às APPs na área do estudo e as Reservas Legais das propriedades Vale. São áreas de uso mais restrito, cujas atividades devem ser voltadas para a proteção integral dos ambientes.

Para as áreas de preservação permanente utilizadas como critério para delimitação da Zona Legalmente Protegida foi levando em consideração as especificações do código florestal, respeitando assim a variabilidade da calha do rio Paraopeba, a largura dos canais afluentes e o raio de 50 m a partir de cada nascente. Já para as APPs de declividades foram consideradas as encostas ou

partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive, fazendo-se uso de mapeamentos pretéritos e posteriores ao rompimento.

É importante destacar que esta zona deve ser revista e adequada no decorrer do período da recuperação. Essa necessidade deve-se à renaturalização das calhas e planícies, bem como da localização e tamanho das áreas alagadas, que podem alterar a localização e o dimensionamento das APPs da nova malha hídrica.

Esta zona possui cerca de 250 ha, ou seja aproximadamente 30% da área do *Master Plan* e tem como principal característica, conforme Lei Federal nº 12.651/2012 e Lei Estadual nº 20.922/2013, a obrigatoriedade de manter a vegetação nessas áreas. Assim, as ações de recuperação a serem desenvolvidas nesta zona devem ser priorizadas para a restauração florestal. É importante destacar que a intervenção ou a supressão de vegetação nativa nessas áreas somente poderá ocorrer nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas na legislação vigente.

Zona Potencial de Uso Antrópico – ZPUA

Esta zona refere-se especialmente aqueles locais onde há áreas potenciais para uso antrópico no futuro, ou seja, onde existe atualmente estruturas que apoiam atividades no manejo do rejeito e que poderão ser utilizadas para outros fins socioambientais.

A área totaliza cerca de 45 ha, ou seja aproximadamente 6% do *Master Plan*. É importante destacar que nesses locais serão priorizadas soluções que possam aproveitar as infraestruturas existentes, minimizando a necessidade de intervenção antrópica em novas áreas.

- **Zona Potencial de Uso Sustentável e Conservação – ZPUSC**

Esta zona totaliza cerca de 487 ha, ou seja, cerca de 60% da área do *Master Plan*. Esta zona contempla especialmente as florestas existentes, as áreas com alto potencial de conectividade, as áreas de florestas pré rompimento, as áreas em restauração e com potencial para restauração florestal.

Assim, o *Master Plan* serve como norteador para direcionar a elaboração de alternativas e soluções para os compartimentos a serem alvo de técnicas da recuperação sustentável da área da mancha de rejeito.

Propõe-se então que o processo decisório seja realizado em diferentes perspectivas e etapas as quais podem ser divididas em:

- Perspectiva macro: *Master Plan*
- Perspectiva micro: Conceito de Recuperação Socioambiental de cada compartimento; Projeto Conceitual para a Recuperação de Calhas e Planícies; e Projeto Executivo.

O *Master Plan*, na perspectiva macro, apresenta as restrições e aptidões do território de abrangência da recuperação, para orientar, inicialmente, os projetos conceituais e, posteriormente, as etapas seguintes de solução para calhas e planícies e de projetos executivos de cada compartimento a ser recuperado (perspectiva micro). Dessa forma, as soluções que vierem a ser discutidas e selecionadas para cada compartimento da mancha de rejeito devem seguir as diretrizes de uso e ocupação futuro da área definidas na perspectiva macro.

Destaca-se que os projetos conceituais retroalimentarão o *Master Plan* no decorrer do processo de planejamento da recuperação socioambiental. Com o avanço desses projetos e o detalhamento em uma perspectiva micro, serão definidas a presença de áreas úmidas, acessos e o traçado dos cursos d'água que deverão estar em consonância com questões legais e de ordenamento territorial numa escala macro.

Salienta-se, ainda, que a complexidade da situação resulta na necessidade constante de desenvolvimento de estudos para direcionar e subsidiar o processo decisório do planejamento, em especial na perspectiva micro. Esses estudos podem vir a produzir dados e informações importantes para apoiar a visão macro do território e, se necessário, promover ajustes no *Master Plan*.

Assim, o *Master Plan* constitui instrumento orientador na concepção dos projetos de recuperação vinculados às etapas previstas no Diretrizes, e por considerar em sua concepção aspectos legais e os planejamentos oficiais de ordenamento territorial, confere legitimidade e robustez ao produto gerado.

Destaca-se ainda que o referido documento tem perspectiva macro e caráter dinâmico, ou seja, à medida dos avanços dos estudos, da evolução do manejo dos rejeitos, bem como das implementações de soluções nos

compartimentos da área, novas informações serão integradas ao processo, permitindo seu aperfeiçoamento contínuo.

8. ETAPAS QUE ANTECEDEM A RECUPERAÇÃO

O planejamento inicial da recuperação ambiental visa garantir o cumprimento de uma série de etapas que vão desde a definição do cronograma de remoção dos rejeitos apresentado no Plano Plurianual do Plano de Manejo de Rejeitos, passando pela liberação de cada uma das áreas pelo CBMMG e pela engenharia, por uma avaliação minuciosa dos processos de limpeza dos rejeitos seguida da caracterização geométrica e análise química do solo das superfícies remanescentes, até a elaboração e aprovação dos projetos conceituais e executivos de recuperação com base nas definições da Análise Multicritério para, enfim se iniciar a execução dos projetos de recuperação.

Cada uma destas etapas envolvem a participação de diversos *stakeholders* que, a partir de processos de governança previamente definidos, têm seus prazos, compromissos e responsabilidades atrelados a cada etapa as quais devem ser paulatinamente cumpridas para que o fluxo de informações e aprovações possa se dar de forma ordenada.

8.1. Liberação da Área

A liberação de determinada área para a continuidade das etapas de recuperação ambiental deve passar primeiramente pela aprovação e formalização junto ao CBMMG de forma a garantir que esta área não é mais objeto de buscas.

Esse processo inicia-se com análise visual da área e posterior realização de janelas de inspeção indicadas e acompanhadas pelos CBMMG para certificar que a área atingiu o solo natural.

A formalização ocorre por meio da assinatura do formulário “**Check List para liberação da cota zero**” que contém informações topográficas de liberação da área e localização das janelas de inspeção, bem como relatório fotográfico do processo.

Com base nesses formulários o plano diretor é atualizado indicando todas as áreas liberadas pelo CBMMG.

8.2. Avaliação da Área

Tendo como referência a poligonal do plano diretor, deve-se iniciar a avaliação da área que consiste em três etapas sequenciais e fundamentais ao processo de recuperação, sendo elas:

- Avaliação da limpeza adicional do rejeito;
- Caracterização geométrica;
- Análise química e física do solo após a remoção dos rejeitos
- Caracterização pedológica e geomorfológica

Avaliação da limpeza adicional do rejeito:

A avaliação da limpeza adicional do rejeito faz-se necessária uma vez que após os trabalhos de remoção executados por maquinário pesado (escavadeiras hidráulicas), é possível que pequenas quantidades de material ainda se façam presentes na área. Para tanto, deverá ser feita inspeção minuciosa na área por técnicos treinados e familiarizados com as características do rejeito e a partir de caminhamento da toda a área liberada. Sempre que detectada a presença de rejeito, dever-se-á registrar ponto com GPS, procurar delimitar ainda em campo o material remanescente em imagem de alta resolução e proceder com o registro fotográfico desta porção. Em escritório, estes limites deverão ser plotados em mapa com imagem de alta resolução para direcionar os trabalhos de remoção dos rejeitos remanescentes. A verificação da ausência de rejeitos na área liberada deverá se dar a partir de duas caracterizações: geométrica e geoquímica.

Caracterização geométrica:

A caracterização geométrica consistirá na comparação da topografia pré-rompimento com a topografia pós-rompimento e topografia pós-limpeza da área liberada. Com base nestas informações será possível avaliar se os volumes de rejeitos depositados foram removidos e se a topografia remanescente se aproxima da condição da topografia pré-rompimento. Além disso, tais informações permitirão analisar se houve arraste expressivo das camadas superficiais de solo pela passagem da onda de rejeitos, subsidiando, inclusive, avaliações acerca da necessidade de reconformações dos terrenos com solos

alóctones em busca do equilíbrio hidrodinâmico das calhas fluviais e planícies adjacentes.

Análise química e física do solo após a remoção dos rejeitos:

Dentro do Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba está inserido o Programa de Caracterização e Monitoramento dos Solos na Sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão que inclui a atividade de análise química do solo após a remoção do rejeito, sendo este um dos instrumentos de formalização técnica e oficial quanto a conclusão das atividades de remoção de rejeitos até atingir o terreno natural (ou cota zero). Destaca-se que essa atividade antecede a atividade de recuperação das áreas e ocorrerá conforme proposta no Plano Plurianual de Manejo de Rejeitos.

A partir dos instrumentos de formalização técnica e oficial ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) quanto à conclusão das atividades de remoção de rejeitos até atingir o terreno natural (ou cota zero), este Programa tem como objetivo principal a caracterização e compreensão das características geoquímicas dos solos nas áreas afetadas da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, de forma a constatar que o substrato (Cota Zero) está desprovido de influência geoquímica dos rejeitos, ou seja, o atingimento do terreno natural.

Para avaliação e emissão de parecer técnico da remoção de rejeito na Zona Quente até a cota zero, isto é, até o terreno natural, é proposta uma metodologia em quatro etapas distintas, descritas sucintamente abaixo e detalhadas posteriormente. É importante ressaltar que a liberação inicial das áreas para amostragem é realizada pelo setor de qualidade/engenharia da Vale e avaliada na sequência pela equipe do Meio Físico. A avaliação realizada pela gerência de Meio Físico da Vale consiste na avaliação da área quanto à limpeza do local, sem identificação de resquícios remanescentes de rejeito visualmente em cada área liberada para planejamento da amostragem.

1ª ETAPA – Amostragem de solo

A etapa 1 consiste na realização do método investigativo da técnica de multi-incremento. A técnica multi-incremento é descrita pelo ITRC (2012) no documento *Incremental Sampling Methodology*, que consiste na coleta de múltiplos incrementos (normalmente de 30 a 100 incrementos) dentro de uma

área particular, denominada Unidade de Decisão (UD). É considerada uma metodologia de amostragem composta que aumenta a representatividade das amostras e a confiabilidade dos resultados na investigação da contaminação na matriz solo, pois proporciona a redução da variabilidade dos dados, fornecendo uma estimativa significativamente imparcial das concentrações médias de analitos, em um volume de solo. Esta metodologia tem sido utilizada em vários trabalhos relacionados de análise de contaminação do solo no Brasil e no mundo, (Hadley e Petrisor, 2013; Ciantelli *et al.*, 2015; Mantovani *et al.*, 2019; Haga *et al.*, 2020).

Após a formação das amostras compostas, elas serão enviadas ao laboratório para realização das análises químicas.

2ª ETAPA – Análises químicas laboratoriais

Após o envio das amostras compostas para o laboratório, serão realizadas análises de óxidos maiores e menores (análise de rocha total por XRF), análise de metais traço (digestão 3050B), além da densidade real pelo método do picnômetro.

3ª ETAPA – Avaliação integrada dos resultados

Após o recebimento dos resultados analíticos de cada UD amostrada, deve-se realizar uma avaliação integrada dos resultados geoquímicos do local, a partir do escopo analítico determinado para aplicação de índices composicionais e avaliação de atendimento à legislação ambiental vigente.

Para liberação de uma área por parte do Meio Físico da Vale, serão avaliados os índices composicionais. Caso o índice composicional indique que o material apresenta características de rejeitos, deverá ocorrer uma reavaliação de novas coletas e/ou novo manejo. Caso contrário, segue-se para o segundo momento, no qual será avaliada a conformidade dos resultados com a legislação ambiental de atendimento aos valores investigativos agrícola da DN COPAM 02/2010. Se as amostras de solo amostrado não atenderem aos limites preconizados na legislação, a área deve ser encaminhada para a Avaliação de Área Contaminada. Na hipótese de o solo amostrado atender aos valores investigativos estabelecidos pela DN COPAM 02/2010, encaminha-se para a etapa de emissão de Parecer Técnico sobre as características do solo após a

remoção do rejeito (4ª Etapa) e determinação de liberação da área estudada pelo Meio Físico.

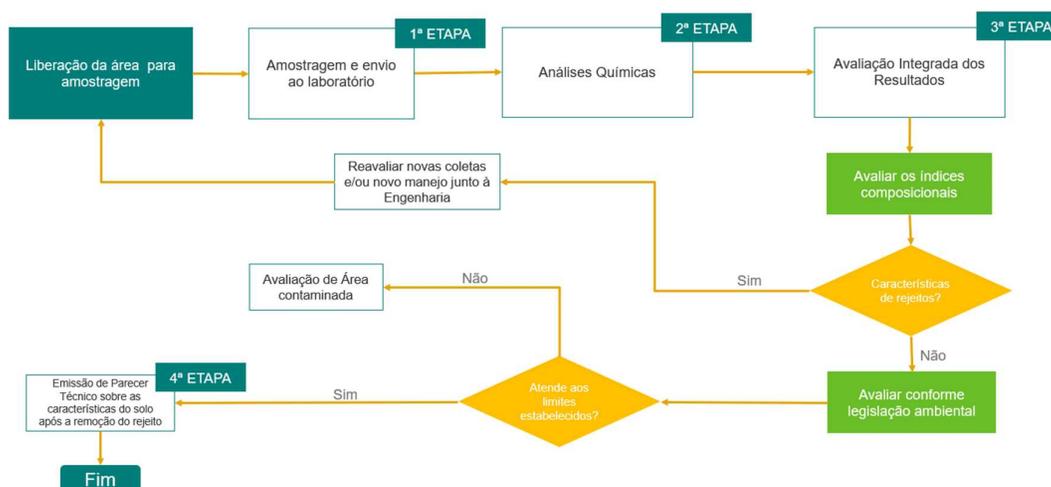
4ª ETAPA – Emissão de Parecer Técnico

Após a validação da ausência de rejeitos pela aplicação dos índices composicionais e do atendimento à legislação ambiental, atestando que a área amostrada não se apresenta como contaminada, a equipe de Meio Físico da Vale emitirá um Parecer Técnico sobre as características do solo da área estudada, com uma avaliação integrada dos dados, com a determinação da liberação do local para prosseguimento com as ações da reparação.

Destaca-se que este Parecer Técnico juntamente com o “**Check List para liberação da cota zero**” (item 8.1) de liberação da área pelo CBMMG, constituem a documentação técnica a ser protocolada ao Órgão Ambiental competente para a análise e parecer quanto à liberação da área para o início do processo de recuperação.

A **Figura 15** apresenta resumidamente o fluxograma dos processos metodológicos.

Figura 15. Fluxograma geral do processo metodológico de avaliação e emissão de parecer técnico da remoção de rejeito na Zona Quente até a cota zero



Fonte: Vale, 2022.

As metodologias detalhadas para amostragem, escopo analítico, os critérios de avaliação dos resultados e estão descritas no Programa de Caracterização e Monitoramento dos Solos na Sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão (protocolado por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT. 0857/2022).

Caracterização pedológica e geomorfológica:

Ainda como forma de subsidiar as etapas subsequentes da recuperação ambiental, prevê-se a caracterização pedológica e geomorfológica das superfícies remanescentes após remoção dos rejeitos e limpeza adicional da área em questão. Estas caracterizações têm por objetivo mapear os diferentes tipos de solos presentes na área e suas superfícies geomórficas associadas, indicando áreas com solos hidromórficos, aluviais assim como áreas com propensão à erosão, sedimentação etc.; informações estas fundamentais para subsidiar as propostas de recuperação.

Estimam-se 130 dias úteis para toda as etapas de avaliação da área conforme descrito na **Tabela 2**.

Tabela 2. Duração estimada de cada etapa de avaliação da área

Avaliação da Área	Dias
Avaliação da limpeza adicional do rejeito	10
Caracterização geoquímica	45
Caracterização geométrica	30
Caracterização pedológica e geomorfológica	45

Ressalta-se que todas essas etapas de avaliação da área ocorrerão após a liberação da área através dos instrumentos de formalização técnica e oficial ao Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) quanto à conclusão das atividades de remoção de rejeitos até atingir o terreno natural (ou cota zero). Após vistoria para avaliação se há necessidade de remoção adicional dos rejeitos será executada as etapas de caracterização geoquímica dos solos que tem como objetivo principal a caracterização e compreensão das características geoquímicas dos solos nas áreas afetadas da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão, de forma a constatar que o substrato (Cota Zero) está

desprovido de influência geoquímica dos rejeitos, ou seja, o atingimento do terreno natural.

O tempo estimado para realizar uma avaliação da limpeza adicional será de 10 dias e o tempo para execução da limpeza (caso necessária), dependerá da etapa de avaliação, visto que cada área poderá ter particularidades em relação a remoção dos rejeitos.

O tempo previsto para realizar a caracterização geoquímica é de 45 dias, sendo 7 dias de campo, 20 para as análises químicas e 18 dias para elaboração do Parecer Técnico. As diárias de campo poderão variar conforme área a ser amostrada, assim como as condições da mesma (acesso, vegetação, etc). Para avaliação geométrica, pedológica e geomorfológica, estima-se 30 dias.

8.3. Elaboração de projetos

A partir das informações levantadas nas etapas anteriores e com o aval dos órgãos reguladores no que tange ao aceite da área com ausência geoquímica de rejeitos, é possível dar início a uma série de ações necessárias a etapa de elaboração de projetos.

Inicialmente prevê-se a realização de levantamentos topográficos e imageamento com drone de toda a área liberada para recuperação, informações estas que darão suporte aos estudos hidrológicos, hidráulicos e hidrodinâmicos e que permitirão estabelecer critérios e premissas de projeto. Somente a partir do conhecimento destas informações é que será possível desenvolver alternativas de recuperação já no âmbito da Análise Multicritério. Durante esta etapa outros *inputs* como os anseios das comunidades, o atendimento à questões legais e as pretensões de uso futuro, poderão contribuir para o desenvolvimento e amadurecimento das alternativas de recuperação em seu contexto mais amplo as quais poderão, enfim, serem levadas aos fóruns de discussão e aprovação dos projetos conceituais de recuperação associados a cada compartimento.

Com base no projeto conceitual segue-se com o desenvolvimento dos projetos executivos, detalhando os processos, as técnicas, os materiais e os cronogramas associados a cada área objeto de recuperação, os quais serão submetidos aos órgãos reguladores para aprovação.

Caso haja necessidade de utilização de solos de empréstimo para reconformação dos terrenos esses serão previamente licenciados e avaliados conforme normas de fertilidade, como EMBRAPA (2017) e, qualidade do solo, conforme Resolução CONAMA 420/2009.

8.4. Execução da Recuperação

Após a aprovação dos projetos, uma série de outras atividades poderão ser desencadeadas para se iniciar sua execução propriamente dita, que vão desde a contratação e mobilização de empresas, elaboração do planejamento detalhado das obras de recuperação, a própria execução da recuperação até seu acompanhamento, fiscalização e monitoramentos pós-obra.

Cabe destacar que todas as etapas descritas neste item deverão seguir o sequenciamento proposto e que serão obviamente reportadas e acompanhadas pelas auditorias e órgãos reguladores, os quais deverão, no âmbito dos processos de governança, proceder com as revisões e aprovações necessárias. Importante destacar ainda que o planejamento de obras de recuperação ambiental está intimamente relacionado à sazonalidade e, portanto, deverão ser considerados no fluxo de revisões e aprovações por parte dos diversos *stakeholders*.

9. FUNDAMENTAÇÃO TÉCNICA

Os projetos de recuperação a serem desenvolvidos para a área de abrangência devem estar fundamentados em informações técnicas disponibilizadas nos diversos estudos realizados e em finalização. Esses estudos irão fornecer os subsídios ambientais, sociais e técnicos para o desenvolvimento dos projetos específicos de cada compartimento a ser recuperado, como será visto no item 10. Integração dos estudos aos projetos de recuperação.

Alguns dos estudos estão sendo conduzidos, acompanhados e reportados no âmbito de outros processos. O objetivo deste item é trazer uma síntese de cada estudo, com informações sobre seus objetivos, as empresas responsáveis, a gerência da Vale que coordena, a data de início do estudo, onde as entregas e informações são feitas (por exemplo no PMR, no PCA, no Diretrizes etc.), o escopo e/ou metodologia, a abrangência, os *inputs* e as entregas.

9.1. Diagnóstico de Usos Sociais

O Diagnóstico de Usos Sociais é conduzido pela Temple e coordenado pela Gerência de Meio Biótico da Diretoria de Reparação e Desenvolvimento Territorial da Vale. O estudo teve início em maio de 2021, com o objetivo de identificar os usos sociais das áreas de remanso e as expectativas de uso futuro, por meio da escuta das comunidades e do setor produtivo. Os resultados do estudo subsidiam a elaboração do *Master Plan*, bem como a construção e seleção do conceito de recuperação socioambiental de um compartimento específico.

As informações e entregas são contempladas no Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, o qual faz parte do PRAD.

A abrangência considera um recorte geográfico no qual se situam as três áreas de remanso (Remansos 1, 2 e 3) e as comunidades de Córrego do Feijão, Tejuco e Parque da Cachoeira (englobando Parque do Lago e Alberto Flores).

O escopo desse estudo consiste em realizar entrevistas com lideranças comunitárias (roteiro semiestruturado com mapa da região para composição do

mapa falado) e entrevistas porta a porta com moradores das comunidades supracitadas (questionário estruturado), de acordo com o método de amostra probabilística estratificada adotado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual garante confiabilidade superior a 92%. As consultas realizadas registraram como as comunidades e os setores produtivos usavam as áreas dos remansos, o que permitiu identificar quais usos eram importantes para as pessoas antes do rompimento e qual a expectativa para o uso futuro das áreas de remanso. A abordagem metodológica teve como eixo estruturante os acessos e a mobilidade das comunidades e setores produtivos existentes anteriormente ao rompimento das Barragens I, IV e IV-A. A consulta social se deu a partir de três eixos temáticos: a memória dos usos sociais pretéritos das áreas de remanso; a relevância destes usos pretéritos às comunidades; e, por fim, as expectativas das comunidades em relação à recuperação das áreas de remanso.

Os *inputs* utilizados nesse estudo foram dados próprios, como entrevistas individuais e aplicação de questionários nas comunidades.

As entregas realizadas estão apresentadas na **Tabela 3**.

No **Anexo A** estão contidas respostas ao Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022 relacionadas à dimensão Social, bem como mapas referentes aos IDs 34 e 39.

Tabela 3. Entregas realizadas para o Diagnóstico de Usos Sociais.

Entrega	Data	Arquivo referência
Relatório técnico – Temple	Abr/22	Relatório técnico - Diagnóstico de Percepções Sociais das Áreas de Remansos Integrante da Metodologia Multicritérios de Recuperação Sustentável do Ribeirão Ferro-Carvão (Anexo C do Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão - Etapa 2, protocolado por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022 em 08/04/2022 - SEI 44919382).

9.2. Estudos Geoquímicos

Após o rompimento das barragens na Mina Córrego de Feijão, foi iniciado um amplo programa de investigação geoquímica dos rejeitos liberados pelo rompimento e seu potencial em impactar o ambiente afetado. De maneira geral, o que se pretende com o programa de caracterização geoquímica é conhecer a composição química, a distribuição granulométrica e granuloquímica dos rejeitos da barragem de rejeitos B-I e entender a reatividade ambiental dos rejeitos que estavam depositados na barragem B-I.

Para tanto foram coletadas cerca de 498 amostras de rejeitos e solos não afetados, sendo:

- 73 dos rejeitos Fase I - (Geoenviron, 2019):
 - ✓ 20 Rejeitos Originais (CO): amostras de rejeitos coletadas no antigo reservatório da barragem de rejeitos B-I. Estas amostras são usadas como sendo as mais próximas dos rejeitos depositados antes de seu rompimento, sem a influência de outros materiais que podem ter sido misturados aos rejeitos, após a ruptura;
 - ✓ 53 Rejeitos potencialmente misturados (RM): amostras de rejeitos coletadas ao longo da planície afetada pelo fluxo de rejeito no ribeirão Ferro-Carvão);
- 98 rejeitos em profundidade (RM PROF): (Arcadis, 2021, Geoenviron, 2021);
- 30 amostras de rejeitos sob dossel (RM): Arcadis, 2022, Geoenviron, 2022);
- 238 Rejeitos dos DTR's (Geoenviron, 2022);
- 89 amostras de solos não afetados (SNA) conforme estudo de *baseline* de Solos da Bacia do Ferro-Carvão (Arcadis, 2022).

As primeiras amostras do programa (CO e RM) foram coletadas em uma profundidade compreendida entre 0-20 cm de maneira aleatória dentro das áreas onde foi possível o acesso para coleta devido as condições de saúde e a segurança da equipe de campo, além de acesso às áreas em função das buscas realizadas pelos bombeiros influenciaram nos critérios de seleção dos pontos de amostragem. Quando possível, cerca de 20kg de amostra era coletado no ponto.

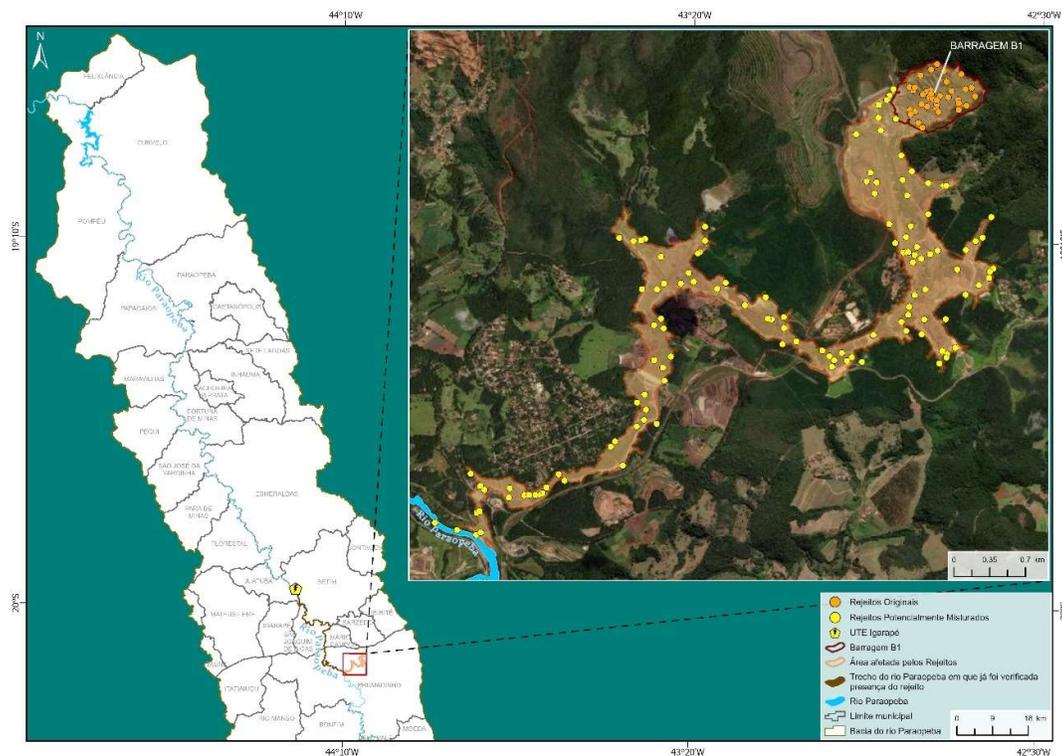
Algumas amostras foram coletadas acessando as áreas via helicóptero, utilizando basicamente o mesmo procedimento. Essa massa visava abastecer todo o programa de caracterização.

As sondagens para amostragem de rejeito em profundidade (RM PROF) foram propostas com o objetivo de aumentar a representatividade amostral dos rejeitos, principalmente em maiores profundidades (até 10 metros). Os pontos foram selecionados conforme proposto no estudo de caracterização geoquímica dos rejeitos - Fase I, assim como a avaliação da espessura da camada de rejeitos ao longo da mancha e o levantamento de uso e ocupação dos solos e identificação das estruturas da Vale interceptadas na área da mina Córrego do Feijão.

Além de amostras de rejeitos, o programa avaliou amostras de solos não afetados com o intuito de realizar comparações entre as matrizes.

Informações detalhadas sobre os critérios, assim como os mapas de localização estão inseridos nos respectivos relatórios que serão listados a seguir e apresentados de maneira consolidada na **Figura 16**.

Figura 16. Localização das amostras de rejeito



Fonte: VALE,2022

Como forma de estruturar o estudo geoquímico do rejeito, foram propostas três fases de investigação/caracterização.

A Fase I engloba a caracterização da composição química, granulométrica e avaliação de atendimento a padrões legais dos rejeitos liberados da barragem B-I (i.e., rejeitos originais e misturados) e solos naturais (amostras para serem utilizadas como referência). O programa de análise compreendeu ainda, testes de lixiviação de curto prazo, incluindo testes relevantes em termos regulatórios (ABNT NBR 10.005/2004 – Lixiviação e ABNT NBR 10.006/2004 – Solubilização) com o objetivo de determinar se o material é tóxico e se é inerte ou não inerte, de acordo com os termos de regulamentação de resíduos sólidos do Brasil (ABNT NBR 10.004/2004). Os primeiros resultados estão descritos no relatório Caracterização Geoquímica de Rejeitos Fase I – Composição Química Global, Análise Granulométrica e Classificação Segundo a Norma NBR ABNT 10.004:2004, protocolado em 26/12/2019. (C.EXT. 1725/2019 - SEI 10310871).

De forma a produzir uma maior representatividade amostral, em complementação ao estudo geoquímico, amostras de rejeitos dos Depósitos Temporários de Rejeito (DTRs) estão sendo caracterizadas com o mesmo protocolo do programa de geoquímica conforme PIGRR e os resultados foram analisados de forma integrada (238 amostras de rejeitos das pilhas das áreas de espera, número disponível no momento da elaboração da Nota Técnica Estudo complementar de caracterização geoquímica dos rejeitos (Fase I): composição química global e classificação segundo a NBR ABNT 10.004/2004 dos rejeitos dos depósitos temporários (DTRs) protocolado em 31/08/22 (C.EXT. 1030/2022). Ainda nesse contexto, para melhorar o diagnóstico em relação as amostras coletadas, uma nova campanha para amostragem de rejeitos em profundidade foi executada entre setembro de 2020 e março de 2021. No total, foram coletadas 148 amostras para análises laboratoriais em 27 perfis de sondagem, sendo 98 amostras da matriz Rejeito Potencialmente Misturado e 50 amostras do Solo Sotoposto. Os resultados obtidos neste trabalho foram apresentados no Relatório Técnico de Caracterização Geoquímica dos Rejeitos em Profundidade e Solo Sotoposto, protocolado em 02/09/21. (C. EXT. 1249/2021 - SEI 34849026).

Inserido no âmbito da Fase I, o estudo mais recente realizado foi da Caracterização geoquímica do rejeito sob o dossel e solo sotoposto no entorno da mancha de rejeitos da sub-bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Neste contexto, foram determinados 31 pontos de amostragem em atendimento às solicitações estabelecidas no âmbito dos Ofícios IEF/GRAPE nº.6/2021 e Ofício IEF/GRAPE nº. 8/2021. As amostras foram coletadas por meio de sondagens nos meses de fevereiro e março de 2022. No total, foram coletadas 32 amostras de rejeito e 63 amostras de solo sotoposto, além de 4 replicatas e analisadas para o escopo geoquímico de composição química global, densidade, metais traço e granulometria. Os resultados obtidos neste trabalho são apresentados no Relatório Técnico de Caracterização Geoquímica dos Rejeitos sob Dossel e Solo Sotoposto, protocolado em 23/09/2022 (C.EXT. 1132/2022 - SEI 53616277).

O programa Fases II e III visa determinar a estabilidade química (i.e., potencial de mobilização de metais a partir da fase sólida para a fase aquosa) dos rejeitos e sedimentos afetados. Os resultados dessas fases possibilitarão o

entendimento do potencial de mobilização de metais e a comparação com padrões brasileiros de qualidade da água aplicáveis, no curto e longo prazo. O programa contempla ainda testes para avaliar o potencial de mobilização de metais na água do rio (NBR 15469, ABNT, 2015), e testes para avaliar o potencial de mobilização de metais sob diferentes condições de pH (i.e., USEPA 1313 e 1316). Análises mineralógicas foram executadas para identificar os hospedeiros mineralógicos de metais em cada amostra, sendo os resultados de extração sequencial usados para identificar a forma mineralógica em que um elemento é mantido, o que fornece informação quanto à sua origem e seu potencial de mobilidade.

Como parte das investigações (Fase II) que estão sendo realizadas do programa de caracterização geoquímica dos rejeitos, 19 amostras de sedimentos foram coletadas (incluindo uma duplicata), assim como 26 amostras de rejeitos depositados no rio (margem e centro) Paraopeba. As coletas de sedimentos se deram em duas campanhas, sendo a primeira iniciada em abril/19 e a segunda em junho/19. Uma avaliação preliminar foi realizada no âmbito das respostas aos Ofícios FEAM/GERAI nº. 18/2020 e Memorando IGAM/GEMOQ. nº 13/2020 e as interpretações completas estão inseridas como parte do estudo de Fase II. O objetivo dessa análise é caracterizar os sedimentos afetados utilizando mesma estrutura de avaliação da reatividade dos rejeitos, e que visa entender a estabilidade geoquímica destes materiais no curto, médio e longo prazo, sendo que as amostras também foram utilizadas também no preenchimento das células dos ensaios cinéticos. O objetivo era também avaliar a semelhança entre tais materiais de maneira a entender possíveis consequências ambientais da alteração deles com rejeitos.

As amostras de sedimentos foram coletadas em pontos que não necessariamente correspondem ao atual programa de monitoramento de sedimentos realizados no rio Paraopeba (PME) e foram selecionadas levando em consideração a geomorfologia do rio visando coletar amostras em zonas preferenciais de deposição dos rejeitos, e em região correspondente àquela onde os bancos de rejeitos são normalmente encontrados (até a chegada do barramento da Igaratermo), ou seja, as amostras foram coletadas sempre na margem direita do rio Paraopeba, conforme indicado no Relatório Fase II. Como

o objetivo dessa análise é avaliar o comportamento geoquímico, foram coletadas amostras mais próximas a zona mais afetada em detrimento de toda a extensão da área afetada. No entanto, 03 amostras foram coletadas também no reservatório de Retiro Baixo, visto que o fundo do reservatório representa/representará um ambiente geoquímico potencialmente distinto dos demais trechos do rio.

Os resultados completos e as discussões pormenorizadas dessas amostras estão apresentadas no relatório “Caracterização Geoquímica de Rejeitos Fase II – Caracterização Geoquímica dos Rejeitos FASE II - Avaliação Mineralógica e da Estabilidade Química (rev2), protocolado na FEAM em 06/12/2021 (C.EXT. 1712/2021 - SEI 39145759).

Já a Fase III, buscou apresentar os ensaios cinéticos de solubilização em células úmidas e colunas submersas em um subconjunto de 29 amostras, que corresponderam a ensaios de laboratórios de pequena escala para simular as condições reais dos materiais nas condições originais, buscando avaliar o comportamento de intemperismo dos resíduos sólidos (rejeitos-fonte) sob condições subaéreas (expostas a atmosfera) e subaquáticas (inundadas). Ainda, foi avaliada também a influência do contato a longo prazo com matéria orgânica natural e baixas condições de oxigênio na mobilização de metais.

Os ensaios foram realizados por um período de 80 semanas, conforme preconizado pelas metodologias de células úmidas - ASTM D5744-13 (ASTM, 2004) – condições subaéreas expostas; e, teste de coluna MEND (2009) / USEPA 1314 (USEPA, 2018) – condições subaquáticas anóxicas (isto é, submersas/inundadas).

Os resultados completos e discussões mais detalhadas estão apresentadas no relatório “Caracterização Geoquímica dos Rejeitos Fase III - Ensaio cinéticos (solubilização em células úmidas e colunas submersas em 80 semanas de monitoramento”, elaborado pela Geoviron, e protocolado na FEAM em 02/09/2022 (Carta Ger. Executiva de Reparação n° C.EXT. 1050/2022 (SEI 52531148)).

Grande parte das investigações relacionadas aos rejeitos fornecem informação acerca do comportamento do rejeito, ou seja, em locais com a presença dele. Partindo que a recuperação da bacia do Ferro-Carvão se dará

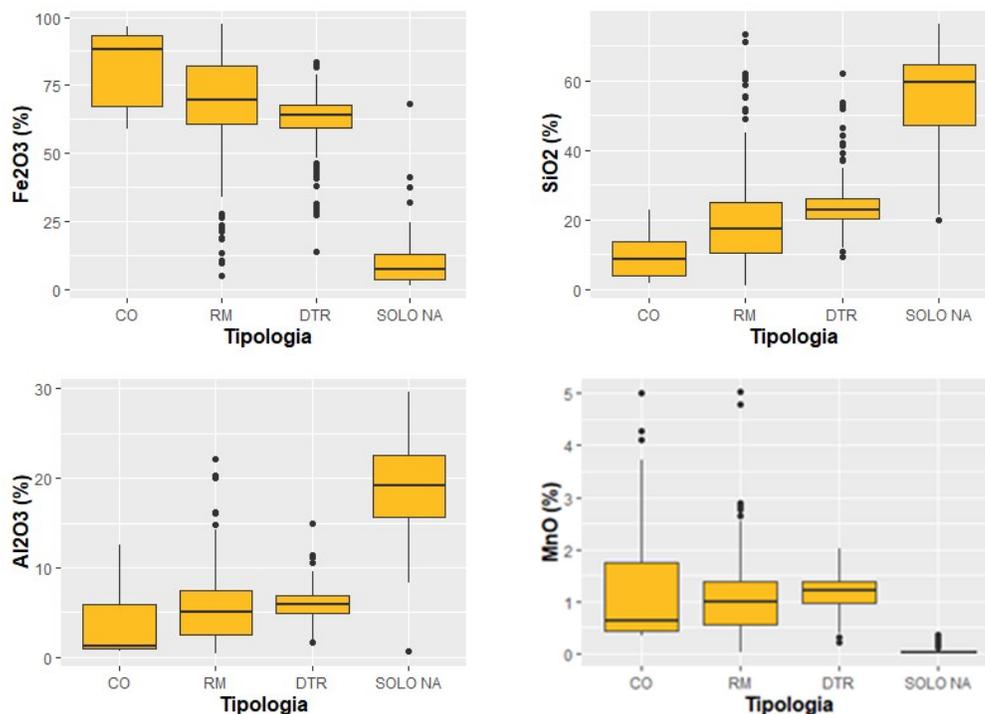
após remoção dos rejeitos. Não será discutida nessa sessão os resultados da caracterização em detalhe e os resultados e discussões completas estão nos referidos relatórios.

Importante frisar que através das caracterizações dos rejeitos e de outras matrizes (solos e sedimentos não afetados) foram desenvolvidos índices composicionais que auxiliam na diferenciação das matrizes. Essa ferramenta tem sido muito utilizada e faz parte das avaliações dos solos após a remoção dos rejeitos na área da mancha.

Os índices foram desenvolvidos no contexto de avaliação do sedimento natural do rio Paraopeba referenciado no documento “Relatório Mensal da Qualidade da Água Superficial e Sedimentos - Fechamento de Ciclo (25/01/2019 a 30/09/2020)”, desenvolvido pela Arcadis em 2020. Como forma de avaliar se os mesmos índices desenvolvidos para a análise rejeito-sedimento poderiam ser utilizados para a análise rejeito-solo, foram levantados os resultados de análise de rocha total dos dados prévios do estudo de *baseline* dos solos, assim como das amostras de solo não afetado coletadas pela Arcadis e analisadas e reportadas pela Geoviron em seu relatório de caracterização química do rejeito (GEOENVIRON, 2019). Quando avaliados os resultados, verificou-se que os índices apresentaram mesma resposta, podendo então serem adaptados também para esta matriz.

Por exemplo, como avaliado por GEOENVIRON (2019), pode-se considerar que concentrações de Fe são contrastantes com aquelas de Al e de Si (todos na forma elementar, ou de óxido) (**Figura 17**), quando o rejeito foi comparado com solos naturais, assim como foi verificado pela Arcadis (2020b) entre rejeitos e sedimentos naturais, no estudo de Fechamento de Ciclo da Estiagem/2020, por meio de análises de testemunhos de sondagem.

Figura 17. Concentrações dos elementos majoritários nos rejeitos e solos não afetados.



Fonte: Geoenvion, 2022

A composição química dos rejeitos e solos não afetados indicou que:

- (i) - concentrações de Fe são, de fato, contrastantes com aquelas de Al e de Si (todos na forma elementar, ou de óxido), quando rejeitos são comparados com solos naturais;
- Analogamente, (ii) - concentrações de Mn são, de fato, contrastantes com aquelas de Ca, Mg e Ti (e Na, e K) (Arcadis, 2020b).

Estes contrastes composicionais permitiram apresentar a proposição de índices composicionais que os representassem por meio das equações:

$$\bullet \text{ IRS1} = \frac{[\text{Fe}]}{([\text{Fe}] + [\text{Al}] + [\text{Si}])} \quad [1]$$

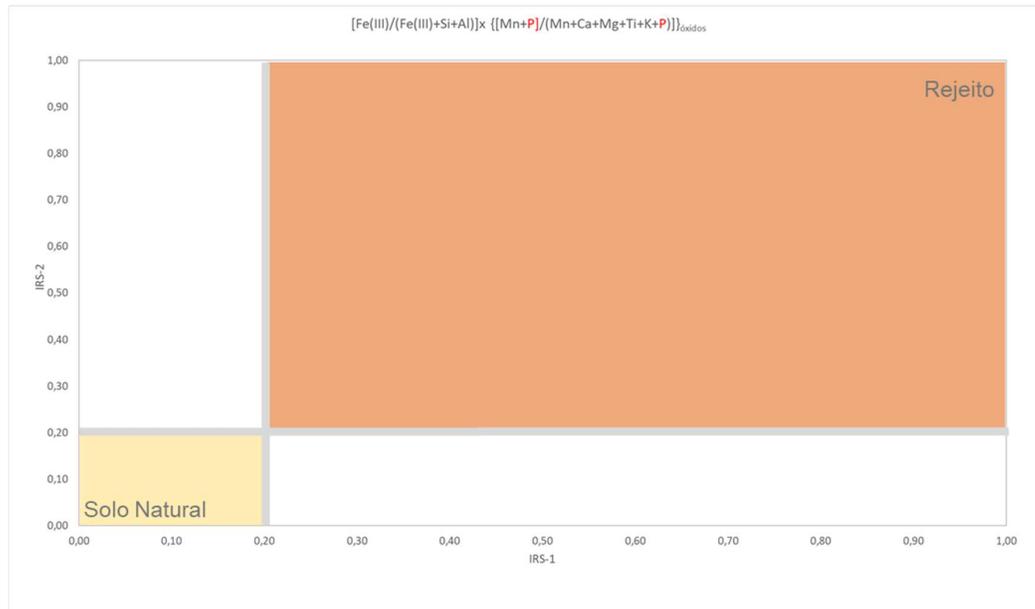
$$\bullet \text{ IRS2} = \frac{[\text{Mn}]}{([\text{Mn}] + [\text{Ti}] + [\text{Ca}] + [\text{Mg}] + [\text{Na}] + [\text{K}])} \quad [2]$$

Deste modo, IRS1 e IRS2 representam os nomes arbitrários “índice composicional rejeito-solo 1” e “índice composicional rejeito-solo 2”. As concentrações elementares representadas entre colchetes devem ser molares,

e podem ser utilizadas na forma de óxidos, desde que a mesma forma seja empregada em ambos, no numerador e no denominador de cada equação.

A esquematização gráfica da aplicação dos índices pode ser consultada na **Figura 18**.

Figura 18. Modelo de avaliação gráfica



Fonte: Arcadis, 2021 (Plano de Amostragem e Análise do Solo após a Remoção do Rejeito na Zona Quente).

Amostras contendo rejeito deverão apresentar valores de IRS1 e IRS2 relativamente mais elevados que as amostras de solos naturais, uma vez que são identificadas maiores concentrações de ferro e manganês.

Na prática, espera-se que o gráfico não demonstre segregação em domínios distintos dos valores de IRS1 e IRS2 para os resultados do *baseline* de solos quando comparado com os resultados do solo sotoposto pelo rejeito que será analisado, o que poderá indicar a remoção de rejeito até a cota zero.

Assim sendo, os índices IRS serão utilizados com a finalidade de se realizar uma avaliação comparativa com os mesmos índices calculados para solo não afetado, que caracterizam o *baseline*, e, em seguida, deverá ser contabilizada a porcentagem de resultados que foram iguais ou inferiores a esse valor de referência do *baseline*. Este cálculo será utilizado para embasar a

tomada de decisão para liberar a área para restauração ou para ações de reavaliação.

No **Anexo B** e na planilha de recomendações estão contidas as respostas às solicitações do Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022 relacionadas aos Estudos Geoquímicos.

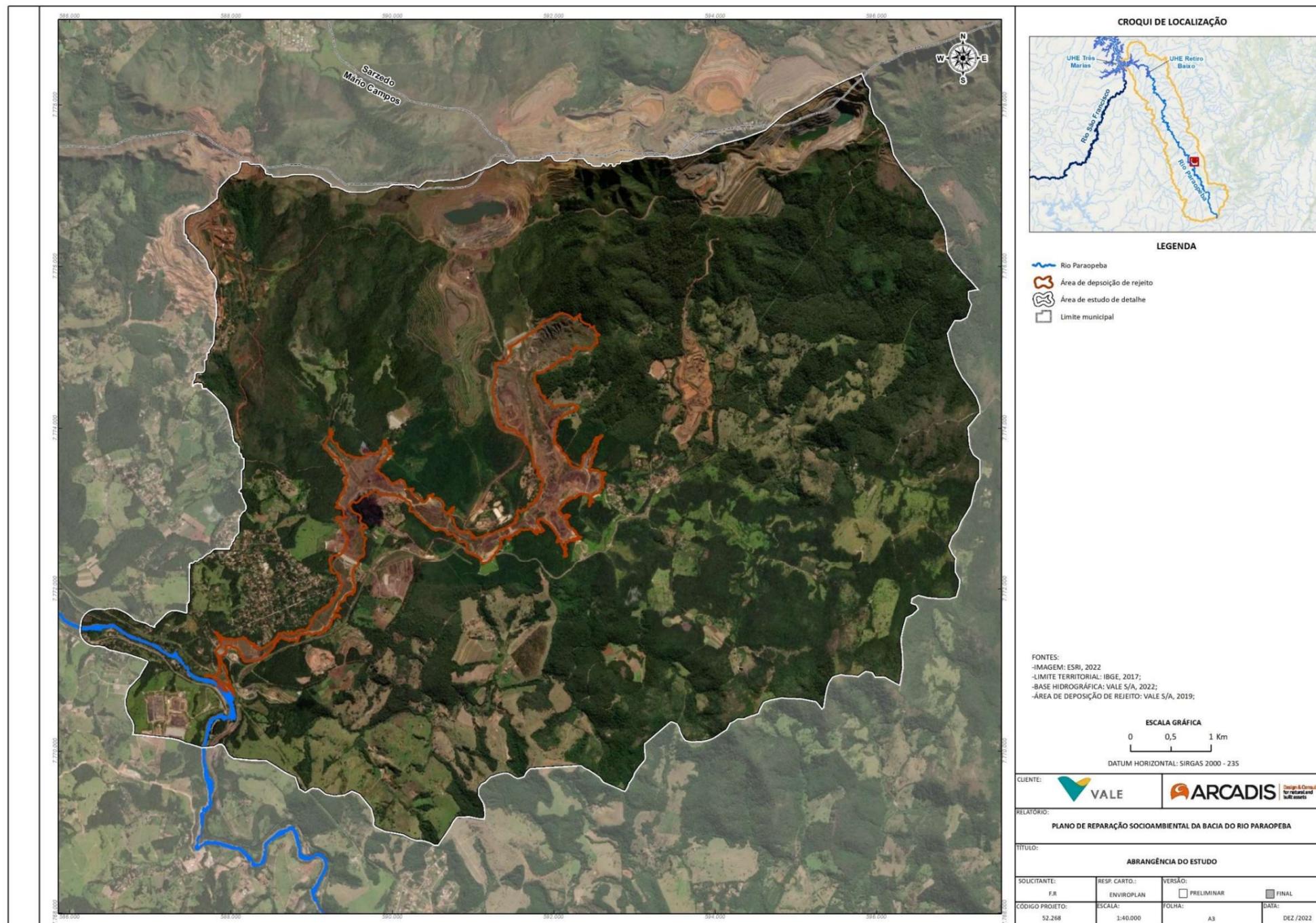
9.3. Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem

A Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem foi inicialmente realizado pela empresa Amplo e teve uma primeira versão protocolada em setembro de 2020, na primeira versão do Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão. Entretanto, em setembro de 2021, foi solicitada revisão do documento por meio do Ofício FEAM/GERAI nº150/2021 e optou-se por refazer o estudo, com início em dezembro de 2021, sob coordenação da Gerência de Meio Biótico da Diretoria de Reparação e Desenvolvimento Territorial da Vale e pela empresa Arcadis, sendo as informações e entregas contempladas no Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, o qual faz parte do PRAD.

Esse estudo teve como objetivo indicar os benefícios para a conectividade, caso determinada área seja restaurada com florestas, de maneira a subsidiar a elaboração do *Master Plan*, bem como a construção e seleção do conceito de recuperação socioambiental de um compartimento específico.

A área de estudo cobre a bacia do ribeirão Ferro-Carvão, parte da bacia do ribeirão Casa Branca e alguns trechos da bacia do rio Paraopeba, próximos à foz do Ferro-Carvão, como mostra a **Figura 19**.

Figura 19. Abrangência do estudo Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem



Fonte: Arcadis, 2022.

O *software* ArcGIS 10.5 foi utilizado para a preparação de dados e apresentação de resultados, e o *software* CONEFOR SENSINODE 2.6 “*Quantifying the importance of habitat patches and links for landscape connectivity*” foi utilizado para cálculos de métricas de conectividade funcional.

As áreas prioritárias para restauração abrangem regiões em que ocorrem grandes manchas de áreas nativas, nas quais há pouca ocupação antrópica. A condição oposta (regiões com grandes manchas de ocupação antrópica e rara cobertura natural) não concentra áreas priorizadas para restauração. A principal formação que ocorria a jusante da B-I eram as Florestas Estacionais Semidecíduas, que foram diretamente expostas ao deslocamento de massa. Porém, manchas de Cerrado e de Campos rupestres também foram incluídas na área de estudo, principalmente porque considera-se que estas interagem com as áreas afetadas, sendo previsto que ocorram fluxos biológicos entre essas fisionomias.

As conexões priorizadas na mancha de rejeito se localizam em áreas que abrigavam florestas naturais até o rompimento da B-I da Mina Córrego do Feijão. Desta forma, a restauração das conexões indicadas como prioritária também constitui reposição *in loco* de florestas suprimidas pela mancha de rejeito. Algumas áreas se destacam, como aquelas ao longo do ribeirão Ferro-Carvão, nas proximidades onde se localizava a B-IVA (transição entre as áreas B e C). Também ao longo do ribeirão Ferro-Carvão, áreas com alto potencial de aumento na conectividade são observadas nas proximidades onde hoje se localiza o Dique 2 (Área C). São trechos que formam conexões entre os fragmentos das duas margens do ribeirão Ferro-Carvão e onde existiam florestas antes do rompimento. Outro local de destaque é a área onde se localizava o remanso do reservatório da B-IVA (Remanso 2). Também pode ser citada a área onde os córregos Laranjeiras e Tijuco se encontram (Remanso 3) que possui um potencial intermediário de aumento na conectividade.

Embora o estudo contemple a paisagem da área de estudo de detalhe como um todo (bacia do ribeirão Ferro-Carvão, parte da bacia do ribeirão Casa Branca e trechos da bacia do rio Paraopeba próximos à foz do ribeirão Ferro-Carvão), o objetivo principal é subsidiar as decisões a serem tomadas na análise

multicritério para recuperação da área coberta pela mancha de rejeito. Entretanto, de maneira complementar, este estudo também subsidia o planejamento da recuperação de áreas localizadas fora da mancha de rejeito, sejam áreas em propriedades da Vale, que possam receber futuras compensações, sejam nas áreas impactadas pelas obras emergenciais.

Os *inputs* utilizados nesse estudo são os mapeamentos de uso do solo e cobertura vegetal realizados pela empresa responsável. As entregas realizadas estão apresentadas na **Tabela 4**.

Tabela 4. Entregas realizadas e/ou previstas para a Avaliação de Áreas Prioritárias para Conectividade: Análises de Ecologia da Paisagem.

Entrega	Data	Arquivo referência
Relatório técnico - Arcadis	Fev/2022	Benefícios da restauração florestal para a conectividade da paisagem do ribeirão Ferro-Carvão (Anexo D do Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão - Etapa 2, protocolado por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022 em 08/04/2022 - SEI 44919382)

Destaca-se que as informações solicitadas no Ofício FEAM/GERAI nº. 130/2022, com relação ao novo mapeamento das nascentes, estão no **Anexo C** – Inventário de Nascentes e Mapeamento de APPs.

9.4. Índice de Integridade Ecológica

Com vistas a aprimorar as ações de restauração do ribeirão Ferro-Carvão, o projeto *Estratégias de restauração do sistema fluvial – Ribeirão Ferro-Carvão: Índice de Integridade Ecológica*, visa a proposição de estratégias que restaurem as funções ecológicas desse sistema fluvial, fundamentadas na avaliação da qualidade ecológica de cursos de água similares às do ribeirão Ferro-Carvão.

Nessa direção, que incorpora uma visão mais abrangente focada na avaliação da qualidade ecológica do ambiente aquático, concretiza-se a busca de novos caminhos em uma perspectiva mais integrada de uso dos recursos

hídricos sem prejuízo da economia e minimização da degradação ambiental, que refletirá na melhoria da qualidade ambiental e ampliará os enfoques no trato das questões associadas aos usos dos recursos hídricos e proposição de ações voltadas ao seu uso sustentável. Insere-se o conceito de integridade ecológica que agrega um conjunto de atributos abióticos e bióticos, que atuam como indicadores de estágios de mudança ou empobrecimento ecológico frente à interferência antrópica, em comparação às condições o mais próximo possível do original - os sítios de referência (HUGHES & LARSEN, 1986).

O estado de preservação de um ambiente aquático deve ser entendido e definido ao compará-lo com ambientes em estado prístino, ou o mais próximo de condições naturais, em termos das características ecofísicas do *habitat*, das condições físico-químicas das águas e sedimentos e da composição e estrutura das comunidades biológicas aquáticas (FERREIRA & CASTRO, 2003; CASTRO et al., 2005; FERREIRA & CASTRO, 2005a, 2005b; LANA et al. 2005; CASTRO et al., 2007; FERREIRA, CASTRO & MELO, 2007; LÓPEZ et al., 2007; FERREIRA et al., 2017). Em somatório, visam a contribuir para elucidar as possíveis diferenciações decorrentes dos usos da bacia e de seu comprometimento na manutenção da integridade ecológica dos sistemas aquáticos.

A avaliação da qualidade ecológica baseia-se em modelos que possibilitam tipificá-los, a partir de procedimentos tecnológicos interdisciplinares alicerçados no conhecimento das especificidades abióticas e bióticas de seu estado natural (FERREIRA & CASTRO, 2003; CASTRO et al., 2005; FERREIRA & CASTRO, 2005a, 2005b; SOMMERHÄUSER et al., 2011). Procedimentos fundamentados em um sistema de análise, em diferentes escalas, que se interconectam, de modo que qualquer nível de escala é determinado pela classe superior (FRISSEL et al., 1986).

O projeto tem como objetivo geral “propor estratégias de restauração das funções ecológicas do ribeirão Ferro-Carvão fundamentadas na avaliação da qualidade ecológica de cursos de água similares afluentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraopeba”, a partir do índice de integridade ecológica.

Para o alcance do objetivo geral, o projeto agrega, em seu escopo global, estudos em três níveis de escala: escala ampla, mesoescala e escala de detalhe, a serem desenvolvidos em três etapas, conforme descrito a seguir:

- Etapa 1 – Proposição do modelo de referência para restauração
 - o Fase 1: Tipificação dos cursos de água e definições para adensamento de estudos
 - o Fase 2: Avaliação da Integridade ecológica e indicação do modelo de referência para restauração
- Etapa 2 – Estratégia de Acompanhamento da Restauração do Ribeirão Ferro-Carvão fundamentada na Avaliação da Etapa 1
- Etapa 3 – Estratégia de Monitoramento, Avaliação e Manejo Adaptativo do Processo de Restauração

A consolidação da metodologia adotada e os resultados obtidos na Etapa 1 - Fase 1 e início da Fase 2 estão no **Anexo D** e o detalhamento da metodologia do Índice de Integridade será parte integrante do Programa de Recuperação dos Cursos D'água no Capítulo 3 do Plano de Reparação Socioambiental da Bacia do Rio Paraopeba, o qual considera as revisões solicitadas conforme Ofício FEAM/GERAI nº. 150/2021 e Ofício FEAM/GERAI nº. 224/2021.

As métricas a serem utilizadas estarão fundamentadas em Barbour et al (1999). Destaca-se que durante a caracterização das comunidades, diferentes análises são aplicadas e uma grande quantidade de métricas são aferidas e posteriormente validadas na construção do índice. O procedimento estatístico previsto no Protocolo que vai incluir ou retirar essas métricas do índice, seguindo os critérios de corte previstos no método. Muitas métricas são analisadas e adicionadas pelos especialistas de cada uma das comunidades analisadas.

No caso das métricas hidrobiológicas foi proposto seguir as métricas apontadas por Barbour et al (1999). Todas elas são aferidas e passam pelo ranqueamento estatístico.

9.4.1. Tipificação dos Cursos de Água e Definições para Adensamento de Estudos

Alinhado à concepção integral do Projeto, que visa propor um modelo de

referência para embasar a restauração do ribeirão Ferro-Carvão, a Fase 1 - Etapa 1 do Projeto se concentrou na tipificação dos cursos de água, com vistas a subsidiar os estudos de integridade ecológica dos segmentos a serem utilizados como referências, pela similaridade, com segmentos do ribeirão Ferro-Carvão que foram afetados pela ruptura da barragem de rejeito em seu alto/médio curso. O método prescreve a necessidade de segmentos similares para alcançar melhores parâmetros para restauro. Ter segmentos de referência é fundamental para um curso de água que sofreu consequências extremas de degradação.

Nos segmentos tipificados e selecionados para adensamento dos estudos os trechos de coleta terão de 20 a 50m de extensão longitudinal do canal, ampliando para até 200m para coleta da ictiofauna. Na borda do sítio, na seção transversal do canal, a extensão de 50 a 100m das margens.

As características que determinaram a escolha de cada trecho foram realizadas a partir da tipificação e cartografia dos segmentos do ribeirão Ferro-Carvão. O trecho de coleta foi estabelecido, apenas a montante da área afetada pelo rompimento. A partir dessa definição, os pontos passarão por aprofundamento dos estudos, com coleta e caracterização física dos habitats. Essa fase está em andamento.

Foram utilizadas as variáveis obrigatórias do Sistema A (escala ampla). As variáveis do Sistema B (mesoescala) são opcionais e foram testadas, agregando aquelas cujas respostas evidenciaram diferenciações ao longo do canal (declividade, forma do canal e tipo de vale), somada a disponibilidade de dados e padronização do processo de tipificação dos corpos de água da área de estudo.

Já para os parâmetros de qualidade de água serão coletados em todos os pontos selecionados durante a fase de tipificação, concomitantes às amostragens biológicas. Adicionalmente, dados secundários poderão ser incorporados para melhor interpretação destes ambientes, conforme aqui apontado.

A vazão é uma das métricas a serem aferidas durante a construção do índice de integridade ecológica. As medições fluviométricas segundo o método seção-velocidade são feitas a partir da medida de uma seção transversal da

superfície da água do curso fluvial e da velocidade média ao longo dessa seção, sendo o valor da vazão obtido pelo produto dos valores destas duas grandezas. Para tanto, são tomadas medidas de profundidades, cujas distâncias entre as distâncias verticais dependem da largura da superfície de água do canal (**Tabela 5**). Nas medições da velocidade utiliza-se o micro-molinete Flowatch.

Tabela 5. Distância entre as verticais (profundidades) com base na largura da superfície da água do canal

Largura do canal (m)	Distâncias entre as verticais (m)
< 1,90m	0,20
2,0 - 2,9	0,30
3,0 - 4,9	0,40
5,0 - 7,90	0,50
8,0 - 15,9	1,00
16,0 - 25,9	2,00

Fonte: ANA, 2012.

A utilização destes dados será padronizada para fins de comparação como trechos de referência área o ribeirão Ferro-Carvão.

No **Anexo D** há o documento referente ao Índice de Integridade Ecológica “Estratégias de Restauração do Sistema Fluvial - Ribeirão Ferro-Carvão” revisado para o atendimento às solicitações referentes ao Ofício FEAM/GERAI nº 130/2022, bem como respostas à auditoria AECOM das linhas 221 e 310 da planilha de recomendações em anexo.

As entregas realizadas estão apresentadas na **Tabela 6**.

Tabela 6. Entregas realizadas para o estudo do Índice de Integridade Ecológica

Entrega	Data	Arquivo referência
Relatório técnico - Arcadis	Jan/2022	Anexo E do Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão - Etapa 2, protocolado por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022 em 08/04/2022 - SEI 44919382

9.5. Estudos Geológicos e Geotécnicos

Os Estudos Geológicos e Geotécnicos são conduzidos pela empresa Potamos, com o objetivo de gerar modelos geológicos tridimensionais para a estimativa das condições geológicas locais e mapear a disposição dos rejeitos depositados por setor. Os dados obtidos, por sua vez, subsidiam o manejo de rejeito, os estudos hidrogeomorfológicos e a geração do modelo geológico 3D. Esse estudo é coordenado pela Gerência de Engenharia da Diretoria de Reparação e Desenvolvimento Territorial da Vale e as informações estão sendo contempladas no PMR.

As investigações contemplam toda a região da mancha de rejeitos e estão sendo realizadas por meio da aquisição de dados de eletrorresistividade, apresentados em seções geofísicas. Além disso, também são utilizados como *inputs* métodos diretos de sondagem a trado, à percussão (SPT) e mistas, iniciados em julho e agosto de 2020.

A partir dessas informações coletadas é possível a avaliação da espessura do rejeito depositado ao longo da mancha em área aberta. O mapeamento da região está sendo feito considerando a interface entre a superfície natural do terreno e o rejeito que foi depositado após o rompimento.

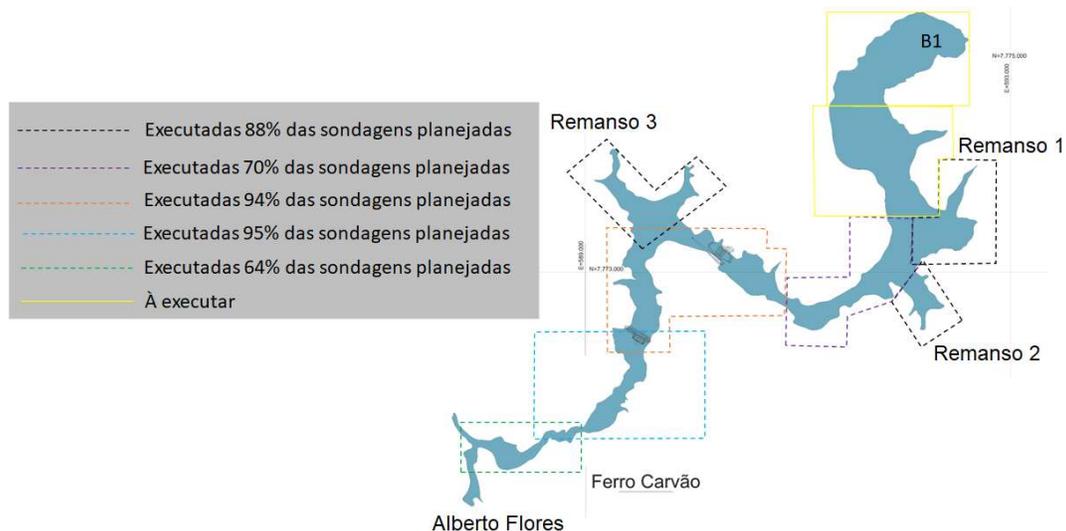
9.5.1. Andamento da campanha de sondagens

Neste descritivo são apresentados o andamento dos trabalhos desenvolvidos entre as campanhas de 26 de junho de 2020 até 20 de novembro de 2022. Do total de 118 sondagens programadas para os Remansos 1, 2 e 3, foram executadas, até o presente, momento 113 sondagens. Do programa de investigação indicado para a região da Confluência do ribeirão Ferro-Carvão com o Remanso 1 até a região da Ponte P2, foram realizadas 28 sondagens do total de 31 programadas. Para a região a jusante da Ponte P2 a montante da BH-01, foram realizadas 69 sondagens do total de 50 programadas. Na região a jusante da BH-01 foram realizados 40 furos de sondagens do total de 32 programadas. Por fim na região próxima a confluência do ribeirão Ferro-Carvão com o rio Paraopeba foram realizados 29 furos do total de 28 furos programados.

Na **Figura 20** está apresentado o total de sondagens executadas em relação as planejadas inicialmente ao longo da mancha. Apesar de não terem

sido realizadas 100% das sondagens planejadas em cada área, o quantitativo realizado foi suficiente para concluir os estudos de investigações geológicas e geotécnicas.

Figura 20. Total de sondagens executadas em relação as planejadas inicialmente ao longo da mancha



Campanha de sondagens complementares

Com o avanço da remoção do rejeito e escavações, houve a necessidade de reavaliar as estratégias de utilização dos métodos de investigação indicados na especificação técnica ET-2000GG-X-00005. A partir dos resultados das sondagens executadas deste programa e de visitas expeditas de campo na região da Mancha de rejeito, foi possível diagnosticar preliminarmente que em algumas áreas há “janelas” de afloramentos de materiais naturais ou áreas que são recobertas por camadas pouco espessas de rejeito. Nesse contexto, as investigações diretas comparadas as indiretas (métodos geofísicos) se tornam mais efetivas e recomendadas, e portanto, em algumas áreas foi proposta a substituição total ou parcial dos métodos (geofísica substituída por sondagens + mapeamentos). Desta forma, em conjunto com o levantamento topográfico de “janelas” aflorantes do terreno natural, foram propostas 39 sondagens à percussão complementares com objetivo de estimar a superfície remanescente sub rejeito (e solos sotopostos), em regiões onde, provavelmente, os depósitos de rejeito são poucos espessos e os métodos geofísicos são pouco eficientes ou não apropriados. Deste total programado, até o momento, foram executadas 15

sondagens (1 deslocamento) para atender a substituição parcial das investigações indiretas.

9.5.2. Investigações geofísicas (eletrorresistividade)

Foram realizados testes pilotos de campo com os três métodos geofísicos: GPR, sísmica de refração e eletrorresistividade para identificar qual método apresentaria melhores resultados considerando o objetivo dessa campanha de investigação. Nesse sentido o caminhamento elétrico (eletrorresistividade) apresentou os melhores resultados (integrado aos resultados das sondagens) para o objetivo de estimar a interface rejeito-solos naturais remanescentes. Mostrou-se também o método mais adaptável, considerando as condições de campo e assim desempenhos satisfatórios durante a aquisição de campo. Neste contexto, até o momento, o caminhamento elétrico foi o único método utilizado efetivamente nessa campanha de investigação.

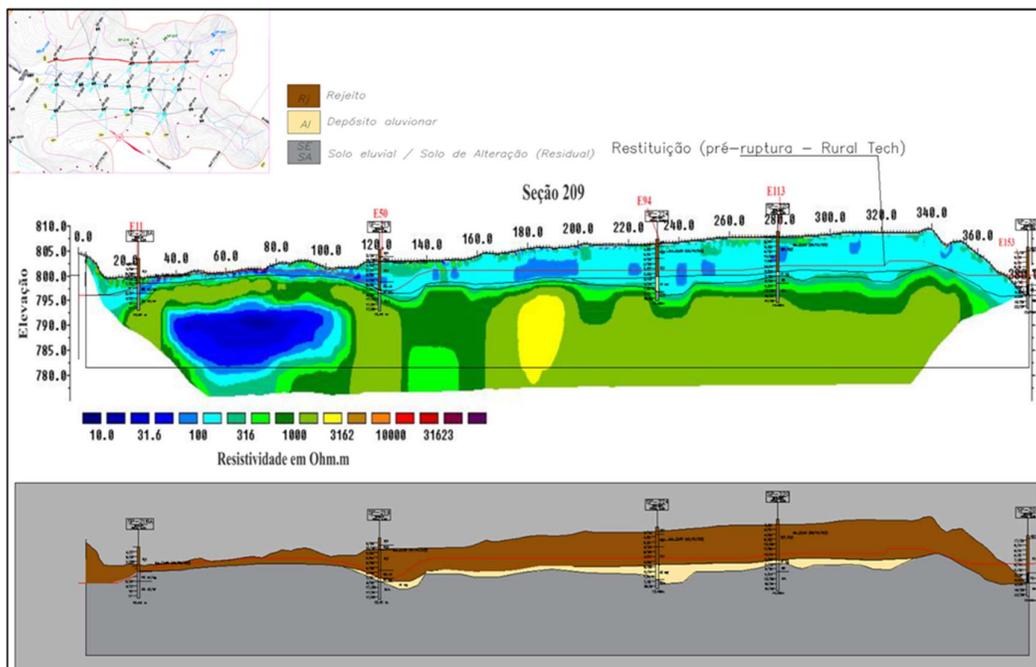
A principal adaptação do levantamento elétrico, por parte da empresa executora, foi a definição do espaçamento equidistância de 2,5 m entre os eletrodos, visando melhor resolução do resultado, considerando investigações máximas entre 25 a 30 m. Até o momento foram realizados apenas caminhamentos elétricos com variação ou integração de arranjos (*wenner-schumberger*, dipolo-dipolo, *strong gradient*) para obter melhores resultados a depender da espessura do rejeito em cada local (definição resolução vs penetração).

Interpretações dos resultados – Eletrorresistividade

Os resultados apresentados em pseudosseções indicaram reconhecimento satisfatório para determinação da correlação entre anomalia de baixos valores de eletrorresistividade, interfaces geofísicas e os pacotes do rejeito. Essas interfaces tiveram satisfatória aderência com as informações registradas nas sondagens, principalmente, para diagnosticar profundidades e a continuidade da base do rejeito depositado. Desta forma, foram estabelecidas condições favoráveis para interpretação do empilhamento dos materiais e solos. A **Figura 21** apresenta a pseudosseção S209 (Remanso 2) e a respectiva seção

geológico-geotécnica confeccionada a partir da integração dos resultados das sondagens com a seção geofísica e consulta da morfologia da superfície pré-ruptura restituída. Todas as seções geofísicas são utilizadas como *input* dos modelos geológicos 3D, principalmente, para balizar a interpolação dos dados diretos.

Figura 21. Pseudosseção geofísica S209 e a respectiva seção geológico-geotécnica.



9.5.3. Definição das cotas de elevação topográfica que caracterizam o topo do terreno natural (superfície sub-rejeito)

As cotas foram identificadas pela combinação dos resultados de técnicas de análise, de uso clássico em geologia de engenharia. Os métodos investigativos que definem as cotas de elevação topográfica são, basicamente, as informações pontuais de interceptação da superfície sub-rejeito pelas sondagens à percussão, “janelas” aflorantes do terreno natural e o uso de métodos geométricos (caminhamento elétrico – eletrorresistividade) que, fundamentalmente, é utilizado para balizar as interpolações das demais informações supracitadas. Durante a execução das sondagens a percussão

(principal dado direto) são recuperadas amostras continuamente que fornecem condições para classificar tátil visualmente os materiais diversos e assim identificar a interface entre o rejeito e materiais naturais diversos e definir a cota topográfica sub-rejeito. Para atingir esse objetivo o critério de paralisação adotado foi, obrigatoriamente, atravessar os pacotes de rejeito e o avanço de 2 a 3 m em materiais naturais residuais. Quando atingidas condições de impenetrabilidade antes de atravessar o pacote de rejeito, foram realizados deslocamentos. Em regiões onde atravessou-se o pacote de rejeito, mas não se atingiu os solos residuais (ex: paralisado em depósitos aluvionares), houve o julgamento da necessidade ou não da execução de um deslocamento. O ponto de contato entre rejeitos e “material natural” tem sua altitude definida em relação à cota da boca do furo que foi geolocalizada com instrumento de precisão (x, y, z).

Com relação aos materiais atravessados, em algumas situações excepcionais, de fato, ocorreram intervalos de materiais de difícil separação que são, fundamentalmente, apresentados neste estudo como “rejeito misturado a aluviões (RJ-AL)” e “aluviões com rejeito (AL-RJ)”. De forma geral, foi adotado que os materiais que têm predominância de rejeito são considerados como removíveis e, portanto, a cota da base deste material representa a cota topográfica da superfície sub-rejeito. No entanto, em regiões onde há a predominância de aluviões com ocorrência de óxidos de ferro (que pode ser pré-ruptura ou AL-RJ) e que tem cotas semelhantes às estimadas pela superfície pré-ruptura (Rural Tech), essas parcelas são variáveis considerando que sua composição e distribuição espacial podem variar. Essa situação deve ser monitorada durante a fase de “limpeza adicional de rejeito” da superfície sub-rejeito, definindo assim qual medida deve ser tomada.

Importante salientar que essa concepção foi avançando conforme o andamento das investigações, remoção do rejeito e, conseqüentemente, aprimoramento do estudo da superfície sub rejeito. Por fim, há de lembrar que a tarefa de identificação dos materiais geológicos extraídos do furo de sondagem é realizada por geólogos especializados, geralmente oriundos de equipes de geologia de engenharia. Os modelos geológicos 3D confeccionados apresentam

essas condições para cada área, na qual é perceptível que há peculiaridades ao longo da mancha associadas à ocorrência desses materiais (RJ-AL e AL-RJ).

9.5.4. Modelos Geológicos 3D

Primeiramente, os resultados das investigações geológicas e da campanha complementar de sondagens são analisados e validados em estudos preliminares, a partir de seções geológicas (e no software *Leapfrog*), mapas preliminares de isopacas de rejeito, para posteriormente, serem utilizados como dados de *input* para a geração dos modelos geológicos 3D de compartimentos da bacia do Ferro-Carvão. Desta forma, esses *inputs* são integrados a análise de ortofotos (diacrônica), dados de topografia e mapeamentos expeditos de “janelas” aflorantes do terreno natural. Essa integração possibilita o reconhecimento das abrangências das principais unidades geológicas e os comparativos das condições geológico-geomorfológicas pré e pós-ruptura. Nesse sentido, essa modelagem 3D tem como objetivo principal inferir as principais unidades geológicas, superfícies de contatos geológicos (incluindo a superfície sub rejeito), diagnosticar o pacote depositado de rejeito, bem como estimar as espessuras deste material ao longo da área.

Os modelos geológicos 3D são elaborados e apresentados na integra na plataforma do software *Leapfrog* Geo. Para o detalhamento das informações sobre as premissas, etapas de elaboração e resultados dos modelos, consultar os documentos (e respectivos anexos) RL-2000GG-X-00060, RL-2000GG-X-00059, RL-2000GG-X-00065, RL-2000GG-X-00062, RL-2000GG-X-00064. Os furos de sondagens realizados na campanha de investigações geológico geotécnicas que foram utilizados nos modelos geológicos 3D estão ilustrados nas figuras que compõe os relatórios descritos na **Tabela 7**. Os relatórios contidos na **Tabela 7** se encontram no **Anexo E** que acompanha este documento.

Tabela 7. Entregas realizadas para os Estudos Geológicos e Geotécnicos.

Entrega	Data	Arquivo referência
Remanso 2	dez/22	RL-2000GG-X-00059
Remanso 1	dez/22	RL-2000GG-X-00060
Area 14	dez/22	RL-2000GG-X-00062
AREA_16_17_18_22_23	dez/22	RL-2000GG-X-00064
AREA_19, 20 - REMANSO 3	dez/22	RL-2000GG-X-00065

9.6. Estudo Hidrogeomorfológico

O Estudo Hidrogeomorfológico é conduzido pela empresa Potamos, com o objetivo de subsidiar os trabalhos de recuperação e renaturalização da bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Busca-se permitir a volta da bacia a um funcionamento natural que favoreça a biodiversidade faunística e florística local, com efeito multiplicador sobre o equilíbrio ecológico e a valorização patrimonial globais.

Esse estudo está sendo coordenado pela Gerência de Meio Biótico da Diretoria de Reparação e Desenvolvimento Territorial da Vale e teve início em dezembro de 2021, sendo as informações e entregas contempladas nas versões protocoladas do Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, o qual faz parte do PRAD².

Os estudos hidrogeomorfológicos associados a uma análise global de renaturalização do fundo de vale do ribeirão Ferro-Carvão recebem constantemente *inputs* de novos dados e avaliações, tais como densificação da malha de sondagens, atualização das bases topográficas e de imagens, dados de pluvio-fluvio-sedimentometria, percepções de campo, remoção e manejo de rejeitos, dados do estudo do índice de integridade ecológica, dentre outros. A abrangência desse estudo é apresentada na **Figura 4**.

² Os estudos hidrogeomorfológicos compõem o Programa de Recuperação dos Cursos d'Água. Entretanto, as informações e entregas estão sendo realizadas no Projeto Diretrizes, uma vez que tais estudos também subsidiam a concepção dos projetos de recuperação. Os avanços dos estudos hidrogeomorfológicos também serão reportados nos relatórios do Programa de Recuperação de Cursos D'água conforme periodicidade proposta por ocasião do protocolo do PRAD.

O estudo foi apresentado inicialmente na versão 2 do Diretrizes (Etapa 2 – protocolo de 08/04/2022 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022 - SEI 44919382) e foi dividido em duas grandes etapas, sendo elas:

- **Identificação do novo cenário morfológico e hidrográfico ao longo do vale do ribeirão Ferro-Carvão** - com o objetivo de investigar a topografia oculta abaixo dos rejeitos e determinar a organização morfológica e hidrográfica possível de restituir;
- **Construção do modelo tridimensional da morfologia residual “sub-rejeitos” nos remansos** - com o objetivo de estimar as espessuras dos depósitos de rejeito, diagnosticar possíveis regiões submetidas a erosão e, principalmente, mapear a interface entre a superfície do terreno natural remanescente com o rejeito depositado.

Como parte dos avanços dos estudos hidrogeomorfológicos é trazido no **Anexo G** deste documento o relatório “Construção do perfil longitudinal de equilíbrio da bacia do ribeirão Ferro-Carvão e conexões (RL-2000GG-X-00029 e anexos)” atualizado em relação às informações apresentadas por ocasião do protocolo da versão 2 do Diretrizes (protocolo de 08/04/2022 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022 - SEI 44919382). Os resultados apresentados neste relatório constituem a melhor aproximação possível a ser atingida considerando como base o conhecimento, consolidado até o mês de junho de 2022, das cotas topográficas relativas ao contato entre rejeitos e materiais geológicos locais. Esses resultados provêm das campanhas de investigação e do avanço da modelagem geológica 3D em andamento.

Novos dados relativos à situação atual da topografia da bacia já aliviada de parte da massa de rejeitos, em associação com os significativos avanços na modelização das topografias “sub-rejeitos” nos 3 remansos, devem permitir maiores avanços na realização do objetivo fixado para essa tarefa na próxima etapa de trabalho.

Adicionalmente aos avanços dos estudos hidrogeomorfológicos também é trazido no **Anexo G** o relatório “Caracterização detalhada de Bacias de Controle (RL-2000GG-X-00035 e anexos)” que tem como objetivo a identificação de bacias hidrográficas locais apresentando semelhanças hidrogeomorfológicas

com a porção da bacia do ribeirão Ferro-Carvão, que é objeto do projeto de restauração. Foram identificadas as bacias dos ribeirões Casa Branca e dos Marinhos e analisadas comparativamente com a bacia do ribeirão Ferro-Carvão. Foi deduzido que essas bacias podem servir de referência para a extração de modelos de feições hidrogeomorfológicas que sirvam à concepção da restauração do fundo de vale do ribeirão Ferro-Carvão, devido às analogias apresentadas dos pontos de vista geológico e hidrogeomorfológico, além de compartilharem condições climáticas e de cobertura vegetal e uso do solo.

No presente relatório é apresentada uma caracterização detalhada dessas bacias com mapeamento de suas características ambientais, o que servirá de insumo fundamental para, também, realizar uma avaliação previewal do comportamento erosivo de uma nova bacia (restaurada) do ribeirão Ferro-Carvão, através da aplicação da Equação Universal de Perda de Solos de Wischmeier (RUSLE). Esse conhecimento ajudará a formatar planos de monitoramento do avanço da recomposição ambiental da bacia restaurada.

O relatório também traz importantes contribuições sobre a conceituação das feições hidrogeomorfológicas que servirão de modelos para as feições de restauração, especialmente aquelas relacionadas às porções baixas, que foram delineadas nas bacias de controle e que tem papel fundamental no controle dos pulsos de inundação, na diversidade de habitat para a vida aquática e terrestre e no comportamento hidrossedimentológico da bacia. O avanço dos trabalhos tem demonstrado que é nessas porções de bacia que se encontra, de fato, o que vem a ser considerado o “repositório” de feições hidrogeomorfológicas aptas a servirem de modelos para projetos de restauração em fundo de vale.

As entregas já realizadas estão apresentadas na **Tabela 8**.

Tabela 8. Entregas realizadas para o Estudo Hidrogeomorfológico.

Entrega	Data	Arquivo referência
Construção do perfil longitudinal de equilíbrio da bacia do ribeirão Ferro-Carvão e conexões (Produto 1)	Jun/2022	RL-2007GG-X-00029
Caracterização detalhada das bacias de controle (Produto 4)	Ago/2022	RL-2007GG-X-00035

No **Anexo F** estão contidas as respostas referentes ao tema “Técnicas e soluções para recuperação das calhas fluviais”.

No **Anexo G** estão contidos os relatórios RL-2007GG-X-00029, RL-2007GG-X-00035, bem como respostas ao Ofício FEAM/GERAI N°. 130/2022 relacionados ao tema.

9.7. Estudos Hidrológicos

Com o avanço da remoção de rejeitos da bacia do ribeirão Ferro-Carvão e com a instalação e operação de estações de monitoramento hidrométrico na bacia, tornou-se oportuno o aperfeiçoamento dos estudos hidrológicos que haviam sido apresentados na versão anterior do Diretrizes (protocolo do Diretrizes realizado em 08/04/2022 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022 - SEI 44919382) e novo cálculo das vazões de projeto. Portanto, o escopo desse estudo visa o detalhamento e calibração de modelos hidrológicos apropriados para representar o comportamento hidrológico da bacia e subsidiar os estudos hidráulicos. Os estudos hidrológicos estão sendo executados pela Potamos, com o objetivo de subsidiar os trabalhos de recuperação e renaturalização da bacia do ribeirão Ferro-Carvão.

Esses estudos foram conduzidos pela Gerência de Engenharia e pela Gerência de Meio Biótico da Diretoria de Reparação e Desenvolvimento Territorial da Vale, com início em dezembro de 2021. As informações e entregas são contempladas no Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, o qual faz parte do PRAD.

O estudo teve como abrangência a região que compreende o ribeirão Ferro-Carvão e seus afluentes, como mostra a **Figura 4**.

Como avanço destes estudos desde a última versão do Diretrizes protocolada em abril de 2022, destacam-se a seleção, discretização e calibração do modelo hidrológico a partir dos registros hidrométricos disponíveis (anos hidrológicos 2019/2020, 2020/2021 e 2021/2022), identificando-se eventos monitorados de precipitação e vazão que possam ser aplicados para entendimento da resposta hidrológica esperada na bacia do ribeirão Ferro-Carvão, com emprego de modelos de transformação chuva x vazão. Também foi avaliada metodologia para regionalização dos parâmetros de modelagem, visando à aplicação nas diversas sub-bacias de interesse. Os dados detalhados deste estudo encontram-se no relatório RL-2007GG-X-00020 – Anexo H – Estudos hidrológicos.

Os *inputs* foram os dados de geofísica, topografia, sondagens, pluvio-fluvio-sedimentometria e hidrogeomorfológicos.

As entregas realizadas e/ou previstas estão apresentadas na **Tabela 9**.

Tabela 9. Entregas realizadas e/ou previstas para os Estudos Hidrológicos.

Entrega	Data	Status	Arquivo referência
Modelagem hidrológica e cálculo de vazões de projeto*	Dez/2022	Previsto	RL-2007GG-X-00020

*Documento em revisão preliminar.

9.7.1. Plano de monitoramento hidrométrico e sedimentométrico

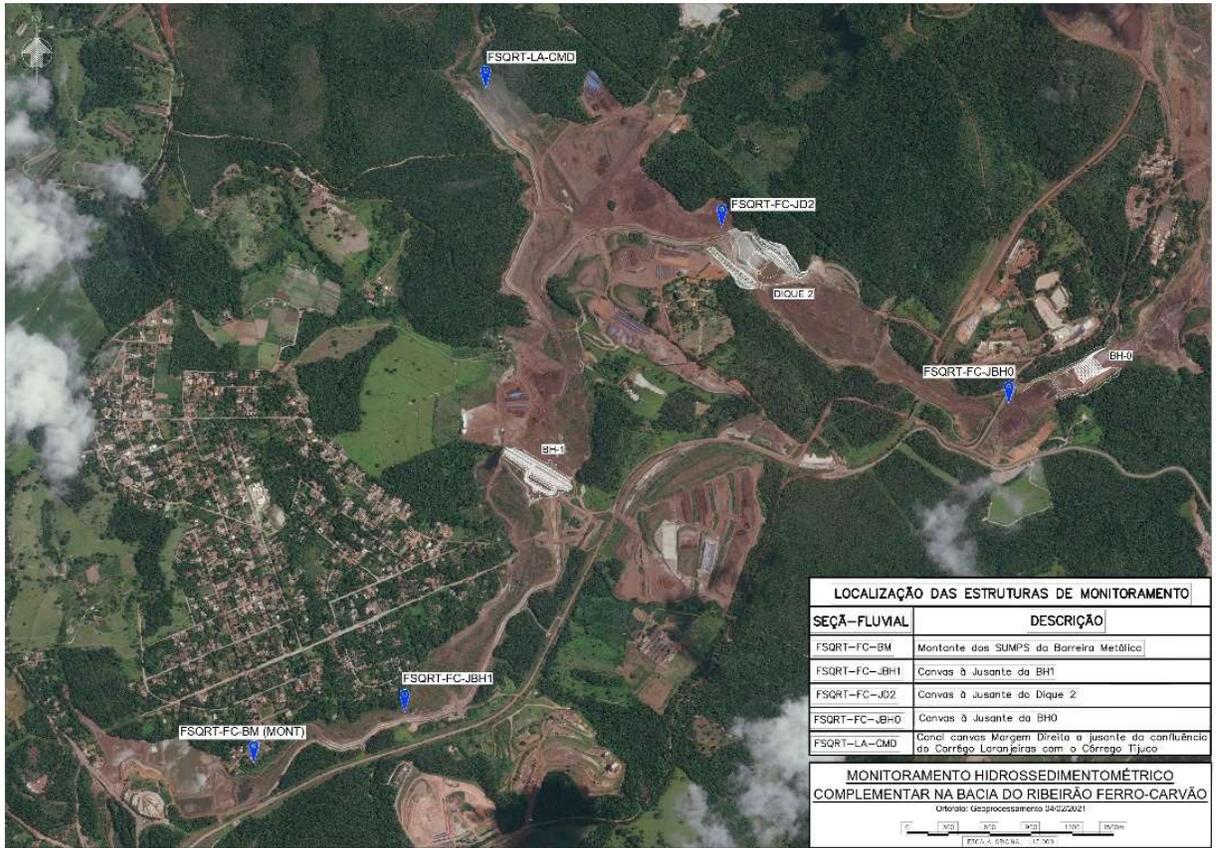
Desde 2019, a bacia hidrográfica do ribeirão Ferro-Carvão possui monitoramento hidrométrico, sedimentométrico e de qualidade da água realizado por algumas empresas, tais como: Arcadis, CLAM, CLEAN, HIDROGEST e VALE. O monitoramento existente contempla registros históricos de níveis de água, vazões, turbidez, concentração de sedimentos em suspensão e precipitação na bacia, que subsidia estudos hidrológicos e sedimentológicos, bem como o cálculo do vazamento de sedimentos e rejeitos para o rio Paraopeba. Além disso, há também, monitoramento na região da ETAF 1 e ribeirão Casa Branca, que permitiam avaliar a operação do sistema de tratamento e possíveis impactos neste ribeirão.

Entretanto, com exceção do monitoramento realizado na Barreira Metálica, que possui registros contínuos de níveis de água e turbidez, dos registros contínuos de precipitação (por meio dos pluviógrafos distribuídos na bacia) e de níveis de água nas barragens VI e Menezes II (por meio dos sensores instalados nos reservatórios), os demais pontos de monitoramento não possuem frequência adequada para a utilização em estudos hidrológicos e sedimentológicos mais detalhados, nem em dimensionamentos hidráulicos de estruturas a serem implantadas futuramente na área impactada pela ruptura da Barragem I, especialmente no que se refere ao tratamento do fundo de vale do ribeirão Ferro-Carvão e afluentes. A maior parte do monitoramento é realizada com frequência semanal e, por questões de segurança, existem limitações quanto à execução das atividades durante eventos de cheias e ocorrência de raios.

Portanto, visando obter um refinamento da rede de monitoramento hidrológico, de modo que seja possível obter registros contínuos de níveis de água, medições de vazão e coleta de sedimentos em diversos locais intermediários na bacia do ribeirão Ferro-Carvão, foram implantadas estações de monitoramento adicionais ao longo da bacia. A rede implantada conta com equipamentos adequados que possibilitam estas medições inclusive em condições mais extremas de cheias (quando as condições atmosféricas permitirem, isto é, na ausência de alerta de raios), ampliando a cobertura espacial e temporal do monitoramento.

Os pontos de monitoramento complementares implantados na bacia do Ferro-Carvão estão apresentados na **Figura 22** e suas informações de referências na **Tabela 10**.

Figura 22. Localização das seções fluviiais de monitoramento hidrossedimentométrico complementar na Bacia do Ferro-Carvão



Fonte: Vale, 2022.

Tabela 10. Seções fluviais de monitoramento hidrossedimentométrico nas bacias do ribeirão Ferro-Carvão e ribeirão Casa Branca.

Seção Fluvial	Referência
FSQRT-FC-BM	Montante dos SUMPS da Barreira Metálica.
FSQRT-FC-JBH1	Canvas à Jusante da BH1
L-FC-BH1	Réguas linimétricas no reservatório da BH1
FSQRT-FC-JD2	Canvas à Jusante do Dique 2
L-FC-Dique2	Réguas linimétricas no reservatório do Dique 2
FSQRT-FC-JBH0	Canvas à Jusante da BH0
FSQRT-LA-CMD	Canal canvas Margem Direita a jusante da confluência do Corrêgo Laranjeiras com o Córrego Tijuco
FS-OL-MII	Barragem Menezes II

Fonte: Vale, 2022.

Nas estações FSQRT-FC-JBH1, FSQRT-FC-JD2, FSQRT-FC-JBH0, FSQRT-CS e FSQRT-LA-CMD foram instaladas réguas linimétricas, cabo teleférico, sensor de nível do tipo radar e cercado de tela para proteção do data-logger e transmissor telemétrico. As **Figura 23** a **Figura 25** apresentam algumas estruturas das estações implantadas a título de exemplificação. Adicionalmente, foram instaladas réguas linimétricas nos reservatórios das estruturas BH1 e Dique 2. A leitura dessas réguas permitirá avaliar a curva de descarga considerando a percolação pelo maciço e o vertimento pela soleira vertente, além do fluxo direcionado para o canal CANVAS.

Na estação FS-OL-MII, foi instalado estrutura de cabo teleférico sobre o canal da bacia de dissipação do sistema extravasor para a realização de medição de vazão, coleta de sedimentos e medição de turbidez. As medições de vazão relacionadas com o nível de água do reservatório e do canal permitirão validar a curva de descarga do sistema extravasor. Por fim, a estação FSQRT-FC-BM encontra-se ainda em implantação. A conclusão da instalação e comissionamento da telemetria estão previstas para meados de dezembro de 2022. A Interface ValeEcos (prevista no cronograma apresentado no Anexo Q do Diretrizes Etapa 2 - SEI 44919382), teve seu comissionamento iniciado em agosto/22 e finalizará após a conclusão da instalação das estações em dezembro/22.

Destaca-se que os resultados deste monitoramento serão reportados no âmbito do Programa de Caracterização e Monitoramento Sedimentológico (Código PL-A_P-5 do PRSA) do PRSA. Não obstante, tais dados também fornecem informações importantes para subsidiar os projetos hidráulicos da calha principal do ribeirão Ferro-Carvão e seus afluentes.

Figura 23. Conjunto de réguas linimétricas instaladas nas estações



Fonte: Vale, 2022.

Figura 24. Estrutura de cabo teleférico implantada nas estações. O sistema de cabo teleférico é um conjunto de equipamentos e infraestrutura utilizado para possibilitar a realização de medição de vazão e sedimento em estações fluviométricas.



Fonte: Vale, 2022.

Figura 25. Estrutura de cercado de tela e estação de leitura de nível por radar com transmissão de telemetria implantada nas estações



Fonte: Vale, 2022.

9.8. Estudos Hidráulicos

Com a remoção dos rejeitos depositados ao longo do Ferro-Carvão, uma nova topografia dos vales impactados será revelada, devido a eventuais erosões causadas pelo traslado da onda de ruptura da B-I, pelos trabalhos de contenção de rejeitos já realizados e/ou pelos futuros trabalhos de terraplenagem para remoção dos rejeitos ainda depositados na bacia. Dessa maneira, faz-se necessário avaliar os conceitos e dimensionamentos para tratamento da calha principal e da planície de inundação do ribeirão Ferro-Carvão e afluentes.

Os estudos hidráulicos e pré-dimensionamentos são realizados para subsidiar os projetos de recuperação do ribeirão Ferro-Carvão e afluentes e iniciaram-se em dezembro de 2021. São conduzidos pela empresa Potamos e coordenados pela Gerência de Engenharia da Diretoria de Reparação e Desenvolvimento Territorial da Vale, tendo as informações e entregas contempladas no Projeto Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão, o qual faz parte do PRAD.

Esses estudos têm como abrangência a calha ao longo do ribeirão Ferro-Carvão e os afluentes que foram impactados pela mancha de rejeitos.

Para atender ao objetivo do trabalho será necessária a verificação e a consolidação dos pré-dimensionamentos hidráulicos elaborados no projeto conceitual, elaborado em setembro de 2020 (RL-2000GG-X-00046 - Anexo L do protocolo do Diretrizes realizado em 08/04/2022 por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT.0460/2022- SEI 44919382), a partir do conhecimento da topografia primitiva restituída pela Rural Tech e informações disponíveis do modelo Geológico 3D e a topografia revelada pelas escavações e remoção de rejeitos.

Como avanço destes estudos desde a última versão do Diretrizes protocolada em abril de 2022 destacam-se os resultados detalhados da modelagem hidrodinâmica realizada para a condição pretérita ao rompimento da barragem I (Fase 1 – Cenário 1) apresentados no **Anexo I – Estudos Hidráulicos** (relatório RL-2007GG-X-00024). Tais resultados permitem avaliar o comportamento hidráulico natural do ribeirão Ferro-Carvão e afluentes principais para diversas condições hidrológicas, devendo orientar a concepção das

soluções propostas para recuperação ambiental dos cursos de água impactados, objeto de estudo no Cenário 2 em fase de desenvolvimento.

Como avanço à concepção dos projetos de recuperação para a área do Remanso 1 foram priorizados esforços na geração do modelo digital de terreno (MDT) e na modelagem hidrodinâmica deste compartimento já vislumbrando o Cenário 2 (topografia revelada pós manejo do rejeito) (**Anexo I – Estudos Hidráulicos - RL-2007GG-X-00048**).

Os *inputs* são os dados de geofísica, topografia, sondagens, pluvio-fluvio-sedimentometria e hidrogeomorfológicos. As entregas realizadas estão apresentadas na **Tabela 11** e são disponibilizadas no **Anexo I** que acompanha este documento.

Tabela 11. Entregas realizadas para os Estudos Hidráulicos

Entrega	Data	Arquivo referência
Estudos hidráulicos Fase 1 – Revisão do Projeto Conceitual com Topografia Restituída pela Rural Tech		
Cenário 1 - Condição Pretérita ao Rompimento da B-I - Resultados Detalhados	Nov/22	RL-2007GG-X-00024
Estudos hidráulicos Fase 2 – Revisão do Projeto Conceitual para o Remanso 1		
Resultados da Modelagem hidrodinâmica	Dez/2022	RL-2007GG-X-00048

10. INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS AOS PROJETOS DE RECUPERAÇÃO

10.1. Considerações iniciais

Para que os projetos de recuperação das áreas degradadas pela mancha de rejeito possam ser apresentados em um nível executivo, que permita a implantação das ações de recuperação em um compartimento específico, uma série de atividades predecessoras precisam ser desenvolvidas.

Definição de critérios e premissas a serem utilizadas nos projetos, elaboração e seleção de projetos conceituais alternativos, desenvolvimento de estudos e levantamento de informações que servirão de base para os projetos, adoção das diretrizes técnicas contidas no PRAD e programas são exemplos de atividades que precedem ou que devem ser incorporadas aos projetos executivos, até sua aprovação junto ao órgão ambiental. Além disso, a implantação dos projetos aprovados depende da liberação das áreas pelo CBMMG e pelo manejo de rejeitos.

Conforme definido no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)³, os Programas descrevem as diretrizes técnicas a serem adotadas para os diferentes ambientes, indicando metodologias, ações, monitoramentos e metas para a recuperação física e biológica das áreas degradadas. São eles:

- Programa de Reconformação dos Terrenos, Monitoramento e Controle dos Processos Erosivos – atua na reconformação topográfica do terreno, assim como no controle e no monitoramento dos processos erosivos que porventura se instalem nas áreas em recuperação;
- Programa de Recuperação dos Cursos d'Água – propõe diretrizes visando a restauração da calha e margens do ribeirão Ferro-Carvão, possibilitando a recolonização da biota aquática nativa no corpo hídrico e promoção da integridade ecológica;

³ Documento Código PL-D_P-0 que compõe o Capítulo 3 do PRSA, protocolado em 17/08/2022, por meio da Carta Ger. Executiva de Reparação nº C.EXT 0973/2022 (SEI 51577121).

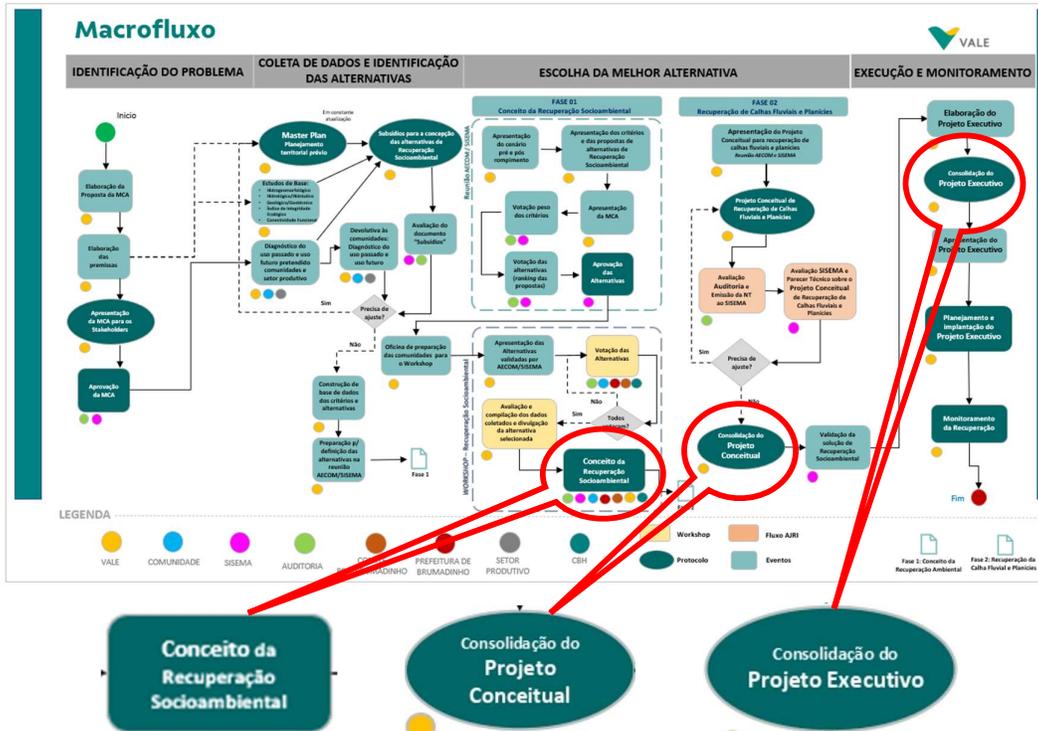
- Programa de Revegetação Inicial – prevê o plantio de espécies herbáceas e arbustivas, com o objetivo de estabilizar e recuperar os solos e impedir o carreamento contínuo de sedimentos;
- Programa de Restauração Florestal – atua na inserção de espécies arbóreas, necessárias para restabelecer as funções ecológicas e ecossistêmicas da área impactada, além de restabelecer a conectividade florestal.

Já os Projetos detalham as especificidades de ações e monitoramentos a serem adotadas para cada compartimento e/ou setor, baseadas nas diretrizes técnicas apresentadas nos programas acima, nos estudos de base apresentados no item 9. *Fundamentação técnica* e nas decisões tomadas no âmbito das Diretrizes Gerais de Recuperação Sustentável para a Bacia do Ribeirão Ferro-Carvão.

Conforme fluxo de atividades apresentado no item 5. *Processo de tomada de decisão*, haverá três fases de desenvolvimento dos projetos de recuperação, desde o conceito da recuperação até o projeto executivo. A **Figura 26** mostra o macrofluxo com os projetos destacados:

- Na fase 1 da etapa de “Escolha da melhor alternativa”, como resultado da seleção de alternativas do *workshop*, teremos um conceito geral de recuperação do compartimento, doravante chamado de Projeto do conceito da recuperação socioambiental;
- Na fase 2 da etapa de “Escolha da melhor alternativa”, teremos desenvolvido em um nível básico, a recuperação das calhas fluviais, planícies e encostas adjacentes, doravante denominado Projeto conceitual de calhas e planícies;
- Por fim, o detalhamento da fase anterior em nível executivo, definirá o Projeto executivo de recuperação socioambiental, ou seja, o PRAD específico para o compartimento.

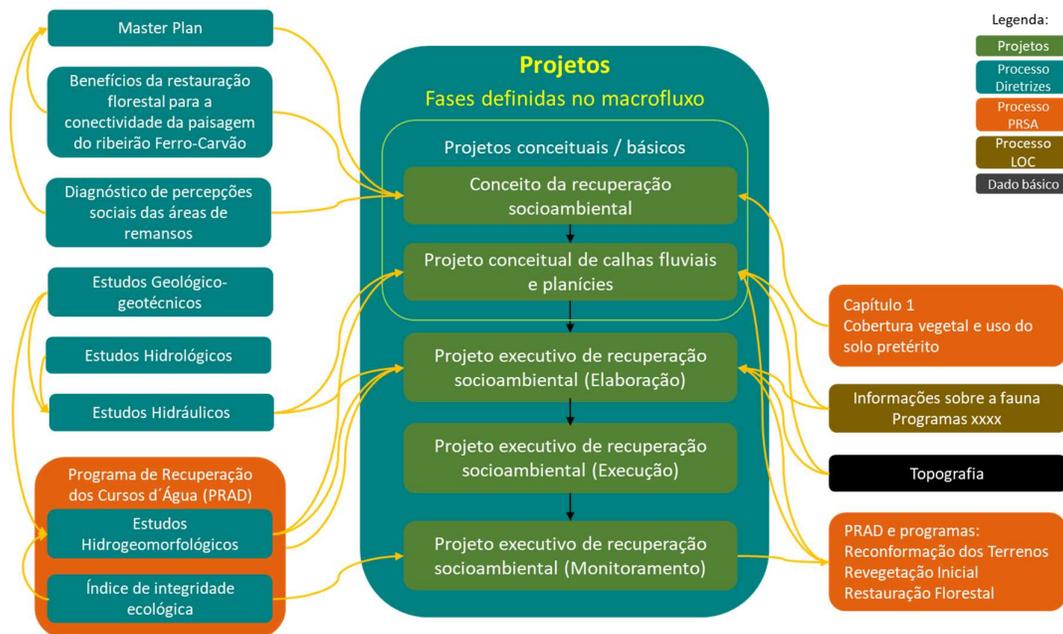
Figura 26. Destaque dos projetos no processo de tomada de decisão



Fonte: Vale, 2022.

Para o desenvolvimento dos projetos, os vários dados e subsídios técnicos apresentado no item 9 *Fundamentação técnica* devem ser considerados. Uma visão integrada das fases dos projetos e estudos de base é apresentada na **Figura 27**, que passará a ser descrita, em partes, nos próximos itens. O projeto de cada etapa será apresentado, trazendo o contexto em relação ao Macrofluxo, o escopo geral, os dados e estudos necessários e o conteúdo mínimo.

Figura 27. Integração dos estudos aos projetos de recuperação



Fonte: Vale, 2022.

10.2. Projeto do conceito da recuperação socioambiental

Este projeto é a última etapa da Fase 01 do Macrofluxo. O conceito da recuperação será selecionado em *workshop* a partir de projetos conceituais alternativos definidos em reunião prévia com o SISEMA e a auditoria ambiental. A alternativa selecionada no *workshop* é o próprio projeto "Conceito da Recuperação Socioambiental do Compartimento X" que servirá de base para os projetos das etapas seguintes. O *workshop* será, portanto, o fórum onde o projeto será validado.

O projeto apresenta o conceito da recuperação do compartimento, indicando as áreas onde ocorrerão restauração florestal, acessos, uso antrópico, entre outras medidas de cunho geral.

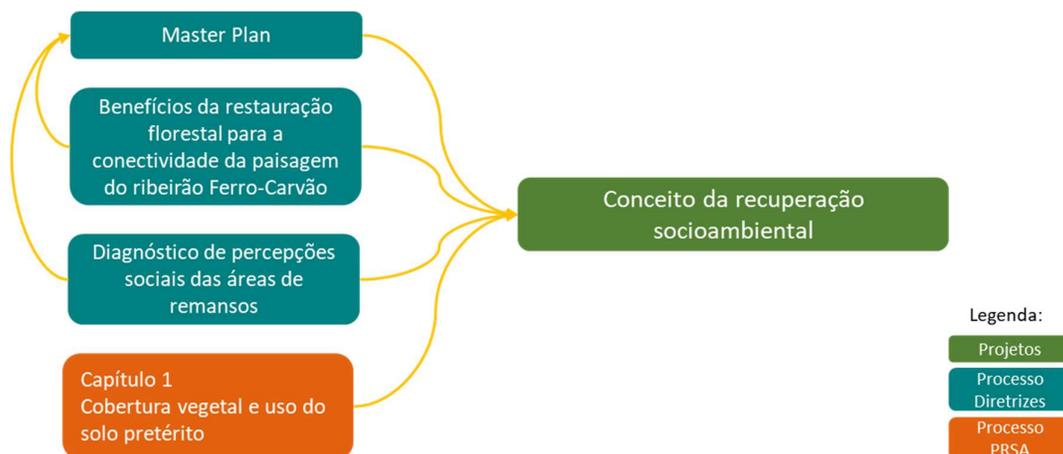
Como *inputs* para a elaboração do conceito de recuperação, serão necessários os seguintes estudos (**Figura 28**):

- *Master Plan* - o conceito da recuperação deverá ser compatível com o zoneamento apresentado no *Master Plan*;
- Diagnóstico de percepções sociais das áreas de remansos - a construção das alternativas do conceito de recuperação deve considerar

as expectativas das comunidades para uso futuro da área. Lembrando que os resultados do estudo também foram considerados como uma camada do *Master Plan*;

- Benefícios da restauração florestal para a conectividade da paisagem do ribeirão Ferro-Carvão - o projeto deve indicar a restauração florestal nas áreas que trarão maiores ganhos na conectividade funcional indicadas no estudo. Lembrando que os resultados do estudo também foram considerados como uma camada do *Master Plan*;
- Capítulo 1 do PRSA – o conceito da recuperação deve considerar as áreas com vegetação previamente ao rompimento, conforme mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo pretérito;

Figura 28. Integração dos estudos ao conceito da recuperação socioambiental



Fonte: Vale, 2022.

O projeto "Conceito da Recuperação Socioambiental do Compartimento X" trará, como conteúdo mínimo, os seguintes itens:

- Localização – neste item o compartimento a ser recuperado deve ser localizado;
- Contextualização – apresentação dos cenários pré-rompimento e pós-rompimento;
- Premissas – apresentação e descrição das premissas adotadas no projeto;

- Critérios – apresentação e descrição dos critérios sociais, ambientais e de engenharia considerados no projeto;
- Conceito de recuperação adotado – o conceito de recuperação socioambiental selecionado no *workshop* deverá ser apresentado e a descrição deve conter:
 - ✓ Plantas e desenhos;
 - ✓ Descritivo;
 - ✓ Quantitativos.

10.3. Projeto conceitual de calhas fluviais e planícies

Este projeto é a última etapa da Fase 02 do Macrofluxo e decorre de um maior detalhamento do projeto do conceito da recuperação socioambiental de um determinado compartimento. Alternativas de recuperação das calhas fluviais e planícies são discutidas e uma delas é selecionada em reunião com o SISEMA e auditoria ambiental. A alternativa selecionada será consolidada no documento "Projeto conceitual de recuperação de calhas fluviais e planícies do compartimento X", que deverá ser validado pelo SISEMA.

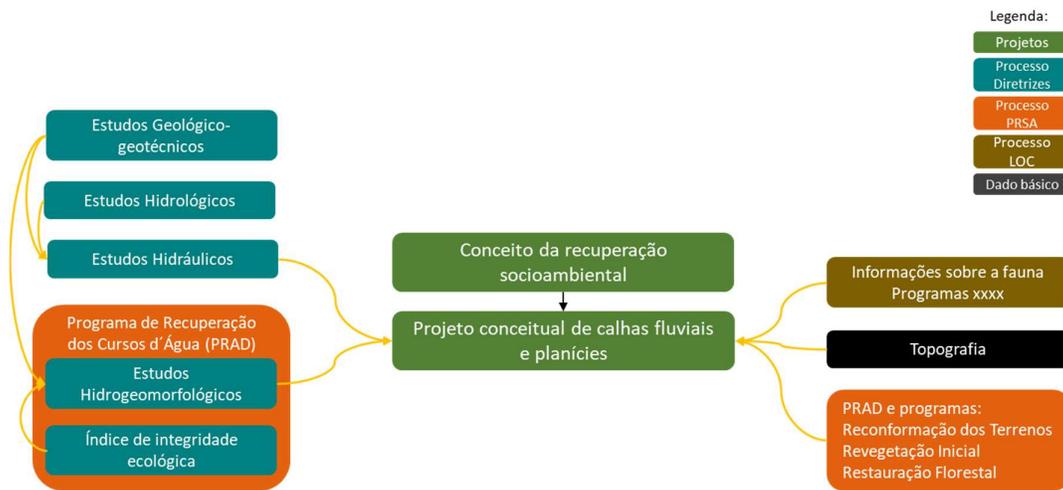
O projeto apresenta, em nível básico, o conceito de recuperação das calhas fluviais e planícies do compartimento, indicando o caminhamento do curso d'água, a geometria e fundo do canal, estruturas de controle necessárias, medidas para reconformação e estabilização dos terrenos. Também apresenta as diretrizes técnicas para a revegetação inicial e restauração florestal.

Como *inputs* para a elaboração do projeto conceitual de calhas e planícies, serão necessários os seguintes estudos (**Figura 29**):

- Projeto do conceito da recuperação – o projeto conceitual de calhas e planícies deve seguir o conceito de recuperação socioambiental definido na etapa anterior;
- Estudos Hidráulicos – as vazões de cheias associadas a períodos de retorno notáveis, bem como modelos de simulação hidráulica desenvolvidos pelo referido estudo são utilizados para dimensionamento das calhas fluviais e de obras hidráulicas. Avalia-se também a vazão mínima de referência e vazões médias de longo termo;

- Estudos Hidrológicos – informações sobre a hidrologia regional devem subsidiar os modelos de simulação hidráulica;
- Estudos Hidrogeomorfológicos – informações sobre o perfil do ribeirão Ferro-Carvão e sua segmentação hidrogeomorfológica são subsídios para restituir o curso de água a uma condição próxima ao estado natural original. Este estudo também utiliza dos resultados da tipificação dos cursos d’água e da caracterização das áreas de referência gerados pelo índice de integridade ecológica;
- Investigações geológicas e geotécnicas – informações sobre a superfície remanescente, estimada a partir da modelagem 3D, em conjunto com os dados de topografia, subsidiarão os modelos de simulação hidráulica e os modelos de recuperação das feições hidrogeomorfológicas atingidas;
- Topografia – a topografia “sub-rejeito” servirá de base à definição/delimitação dos segmentos de vale, focos da concepção dos modelos de recuperação hidrogeomorfológicos por segmento fluvial;
- Informações sobre a fauna – dados sobre a fauna local devem subsidiar a avaliação e, se necessária a instalação, o dimensionamento de estruturas de passagem de fauna. As informações serão fornecidas diretamente pelo Programa de Monitoramento da Fauna Atropelada, e de forma adicional e ocasional pelos seguintes programas: Programa de Afugentamento e Resgate de Fauna, Programa de Monitoramento de Mamíferos de Médio e Grande Porte, Programa de Monitoramento de Primatas e Programa de Diagnóstico de Danos Ambientais sobre Meio Biótico (Módulos II e IV);
- Programas do PRAD – os projetos devem adotar as diretrizes técnicas definidas nos programas do PRAD, a saber: Programa de Reconformação dos Terrenos e Controle e Monitoramento de Processos Erosivos, Programa de Recuperação dos Cursos d’Água, Programa de Revegetação Inicial e Programa de Restauração Florestal.

Figura 29. Integração dos estudos ao projeto do conceito de calhas fluviais e planícies



Fonte: Vale, 2022.

O "Projeto conceitual de recuperação de calhas fluviais e planícies do compartimento X" deverá trazer, como conteúdo mínimo, os seguintes itens:

- Localização – neste item o compartimento a ser recuperado deve ser localizado;
- Premissas – apresentação e descrição das premissas adotadas no projeto;
- Critérios – apresentação e descrição dos critérios considerados no projeto;
- Fundamentação técnica – descrição dos estudos e dados utilizados para subsidiar o projeto;
- Interfaces com compartimentos adjacentes – indicação de como a recuperação do compartimento deve ser compatibilizada com a recuperação dos compartimentos vizinhos;
- Modelo de recuperação de calhas e planícies (infraestrutura) – apresentação do projeto básico de engenharia contendo:
 - ✓ Análise de áreas de referência;
 - ✓ Reconformação das calhas e verificações geotécnicas e hidráulicas;
 - ✓ Reconformação dos terrenos nas planícies e encostas adjacentes;

- ✓ Projeto conceitual dos acessos a serem reestabelecidos ou criados caso seja pertinente ao compartimento
- ✓ Obras de arte especiais (pontes, bueiros e outros dispositivos de drenagem);
- ✓ Desenhos:
 - ❖ Arranjo geral;
 - ❖ Geologia e geomorfologia;
 - ❖ Base topográfica;
 - ❖ Acessos e interferências;
 - ❖ Cortes e seções;
 - ❖ Perfil longitudinal;
 - ❖ Obras de arte especiais
 - ❖ Detalhes de bioengenharia;
- ✓ Planilha de quantidades em nível conceitual;
- ✓ Especificações técnicas construtivas;
- Modelo de recuperação (meio ambiente) – apresentação das diretrizes gerais para a recuperação ambiental, contendo:
 - ✓ Revegetação inicial, conforme definido nos programas do PRAD;
 - ✓ Restauração florestal, conforme definido nos programas do PRAD;
 - ✓ Estruturas para a fauna – apresentar a localização e especificação de estruturas atrativas de fauna dispersora, quando implementadas para possível otimização do processo de recuperação e, se necessário, de passagem da fauna;
 - ✓ Desenhos:
 - ❖ Arranjo geral das áreas de plantio;
 - ❖ Áreas protegidas (APP, Reservas Legais e Unidades de Conservação) e áreas de uso restrito
 - ✓ Quantitativos de áreas;
- Cronograma.

10.4. Projeto executivo de recuperação socioambiental

Este projeto é a última etapa de detalhamento das ações de recuperação e deve consolidar todos os projetos das etapas anteriores. O documento “Projeto executivo da recuperação socioambiental do compartimento X” traz o detalhamento das atividades que serão desenvolvidas em determinado compartimento e servirá de base para o acompanhamento da recuperação socioambiental pela auditoria e órgãos de controle. Considerando a validação do projeto conceitual de calhas fluviais e planícies na etapa anterior e que o projeto executivo seguirá o conceito aprovado, o documento executivo será tão somente orientador para a implantação e acompanhamento da recuperação. Sendo assim, a Vale entende não ser necessária nova etapa de aprovação com os respectivos prazos associados.

O projeto apresenta, em nível executivo, a recuperação das calhas fluviais e planícies do compartimento, detalhando as ações de engenharia e meio ambiente, bem como o monitoramento dos indicadores de acompanhamento da recuperação, de maneira a permitir a contratação da implantação da recuperação.

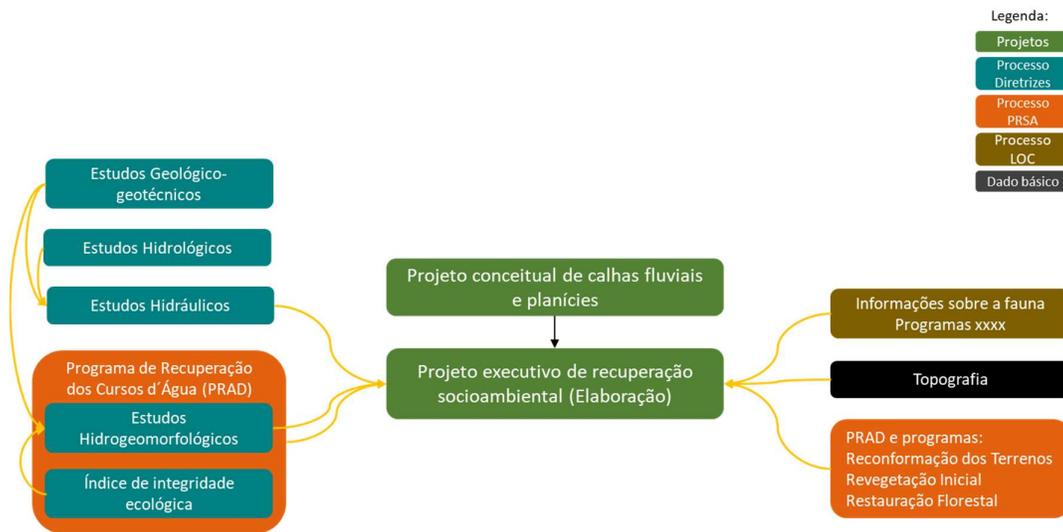
Como *inputs* para o detalhamento do projeto executivo de recuperação socioambiental a elaboração do projeto conceitual de calhas e planícies, será necessário basicamente o projeto conceitual da etapa anterior. Caso os estudos utilizados na etapa anterior sofrerem alguma atualização ou revisão, também deverão ser revisitados para refinar o projeto executivo. Portanto, são considerados subsídios os seguintes estudos:

- Projeto de calhas fluviais e planícies – o projeto executivo deve seguir e detalhar o conceito de recuperação de calhas e planícies definido na etapa anterior;
- Estudos Hidráulicos – eventuais atualizações e revisões dos estudos hidráulicos são utilizados para refinar o dimensionamento das calhas fluviais e de obras hidráulicas;
- Estudos Hidrogeomorfológicos – eventuais atualizações e revisões dos estudos são utilizadas para refinar o projeto das calhas fluviais;
- Topografia – atualizações da topografia “sub-rejeito” são utilizadas para refinar a definição/delimitação dos segmentos de vale;

- Estudos Hidrológicos – eventuais atualizações e revisões dos estudos hidrológicos são utilizadas para refinar os estudos hidráulicos;
- Investigações geológicas e geotécnicas – eventuais atualizações e revisões das investigações realizadas são utilizadas para refinar os estudos hidráulicos;
- Informações sobre a fauna – eventuais atualizações e revisões devem subsidiar o refinamento das estruturas voltadas para a atração e passagem da fauna;
- PRAD e Programas – O PRAD fornece os indicadores que o projeto deve selecionar para serem acompanhados no compartimento específico. Os programas do PRAD fornecem as diretrizes técnicas para detalhamento dos projetos executivos.

A **Figura 30** ilustra a integração dos estudos ao projeto executivo pretendido.

Figura 30. Integração dos estudos ao projeto executivo de recuperação socioambiental.



Fonte: Vale, 2022.

O "Projeto executivo da recuperação socioambiental do compartimento X" deve consolidar as informações apresentadas nos projetos anteriores e, sempre que necessário, atualizá-las e revisá-las. Além disso, os modelos de recuperação apresentados em um nível básico no Projeto conceitual de calhas fluviais e planícies são aqui detalhados em nível executivo. Como conteúdo mínimo, deve apresentar os seguintes itens:

- Introdução;
- Caracterização da área – localização, apresentação do cenário pré-rompimento, do cenário pós-rompimento e histórico das ações realizadas na área;
- Premissas – apresentação e descrição das premissas adotadas no projeto;
- Critérios – apresentação e descrição dos critérios considerados no projeto;
- Fundamentação técnica – descrição dos estudos e dados utilizados para subsidiar o projeto;
- Interfaces com compartimentos adjacentes – indicação de como a recuperação do compartimento deve ser compatibilizada com a recuperação dos compartimentos vizinhos;

- Modelo de recuperação de calhas e planícies (infraestrutura) – apresentação do projeto executivo de engenharia contendo:
 - ✓ Análise de áreas de referência;
 - ✓ Projeto Executivo de acessos e infraestrutura que forem aplicáveis ao compartimento;
 - ✓ Reconformação dos terrenos:
 - ❖ Terraplenagem, balanço corte/aterro,
 - ❖ Avaliação da necessidade de aporte de material, jazidas disponíveis
 - ❖ Disciplinamento das drenagens e estruturas associadas
 - ❖ Transição planície/calha
 - ✓ Dimensionamentos das calhas e verificações geotécnicas e hidráulicas:
 - ❖ Geometria
 - ❖ Seções
 - ❖ Inclinação
 - ❖ Recepção das drenagens
 - ❖ Estruturas eventualmente necessárias
 - ✓ Desenhos:
 - ❖ Arranjo geral;
 - ❖ Geologia e geomorfologia;
 - ❖ Base topográfica;
 - ❖ Acessos e interferências;
 - ❖ Planta;
 - ❖ Cortes e seções;
 - ❖ Perfil longitudinal;
 - ❖ Detalhes de bioengenharia;
 - ✓ Planilha de quantidades em nível executivo;
 - ✓ Especificações técnicas construtivas;
- Modelo de recuperação (meio ambiente) – apresentação do projeto executivo ambiental, conforme definido nos programas do PRAD, contendo:
 - ✓ Proteção da área – cerca, aceiros e medidas adicionais;

- ✓ Revegetação inicial
 - ❖ Avaliação setorial e definição da metodologia de revegetação inicial a ser utilizada;
 - ❖ Se necessário, as medidas de controle de espécies invasoras;
 - ❖ Se necessário, as medidas de limpeza adicional da área;
 - ❖ Técnicas de preparo do solo;
 - ❖ Espécies utilizadas;
 - ❖ Técnicas de semeadura
- ✓ Restauração florestal
 - ❖ Avaliação setorial e definição da metodologia de restauração florestal a ser utilizada;
 - ❖ Espécies a serem utilizadas;
 - ❖ Técnica de preparo do solo e plantio de mudas;
 - ❖ Técnicas de controle de gramíneas exóticas e de formigas;
 - ❖ Medidas de manutenção dos plantios.
- ✓ Estruturas para fauna – apresentar a localização e especificação de estruturas atrativas de fauna dispersora, quando implementadas para possível otimização do processo de recuperação e, se necessário, de passagem da fauna;
- ✓ Desenhos:
 - ❖ Arranjo geral das áreas de plantio, cercas, aceiros, estruturas de fauna;
 - ❖ Áreas protegidas (APP, Reservas Legais e Unidades de Conservação) e áreas de uso restrito
- ✓ Planilha de quantitativos;
- Impactos ambientais:
 - ✓ Levantamento de aspectos e impactos ambientais das obras e ações de recuperação, como por exemplo, abertura de acessos, canteiros, jazidas de solos
 - ✓ medidas de mitigação e controle ambiental, além daquelas previstas no PCA;

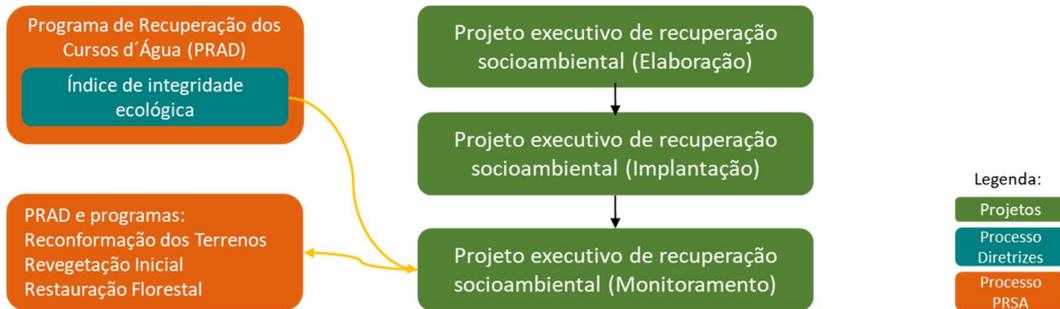
- Monitoramento dos parâmetros básicos e dos indicadores – apresentar os monitoramentos a serem realizados e selecionar do PRAD os indicadores e metas que se aplicam ao compartimento, de maneira a permitir a avaliação da recuperação do compartimento;
- Cronograma – apresentar as etapas e ações previstas no projeto ao longo do tempo.

10.5. Acompanhamento dos projetos executivos de recuperação socioambiental

Para executar a recuperação em determinado compartimento, além do projeto executivo elaborado e aprovado, é necessária a finalização de algumas atividades predecessoras para a liberação da área, conforme abordado no item 8. *Etapas que antecedem a recuperação.*

Uma vez implantado o projeto executivo, as áreas em recuperação do compartimento devem ser acompanhadas. Conforme conteúdo mínimo apresentado acima, cada projeto executivo terá monitoramentos e indicadores de acompanhamento específicos, estes últimos selecionados do PRAD do PRSA. Os indicadores utilizados em um compartimento específico serão, por sua vez, encaminhados ao PRAD para uma avaliação integrada da recuperação de todas as áreas. Um dos indicadores a serem considerados nos projetos é o índice de integridade ecológica (ver item 9.4), contido no Programa de Recuperação dos Cursos d'Água, que prevê o monitoramento das áreas em recuperação e das áreas de referência.

Figura 31. Integração dos estudos ao acompanhamento do projeto executivo de recuperação socioambiental.



Fonte: Vale, 2022.

11. SUBSÍDIOS PARA A CONCEPÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Em decorrência da importância e da robustez deste item, optou-se por apresentá-lo separadamente. Desse modo, o item está contido no **Anexo J** deste documento.

O referido documento contempla as informações de suporte para as tomadas de decisão associadas à recuperação sustentável dos Remansos 1, 2 e 3 no âmbito do conceito da recuperação socioambiental.

O objetivo principal do documento em anexo é apresentar os subsídios sociais, ambientais e de engenharia para a concepção das alternativas conceituais para a recuperação socioambiental dos Remansos 1, 2 e 3. São apresentadas também as informações referentes aos cenários de pré e pós-rompimento, premissas e critérios. Tais informações são prementes para o entendimento da situação atual, bem como para a definição das possíveis alternativas do conceito de recuperação socioambiental a serem implementadas.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde sua primeira versão, o Diretrizes vem incorporando uma série de melhorias, associadas tanto aos ofícios quanto às recomendações da auditoria que permitiram o aperfeiçoamento dos estudos e amadurecimento dos processos que contribuem para tornar legítima e seguramente técnica a escolha da melhor alternativa de recuperação socioambiental de cada compartimento.

A evolução dos estudos de base e sua integração às diferentes etapas do processo contribuíram na reorganização do arcabouço de informações associado ao Diretrizes, tornando mais claro quando e onde cada informação será um *input* em determinada etapa do processo (concepção das alternativas de recuperação, projetos conceituais, projetos executivos, execução e monitoramento).

Considerando que a densidade de informações, premissas e critérios analisados sobre as alternativas propostas para os primeiros compartimentos encontram-se de tal forma amadurecidas para serem colocadas em discussão junto à auditoria e aos órgãos reguladores, os próximos esforços serão envidados na continuidade das etapas prevista no Macrofluxo quais sejam: *Reunião AECOM e SISEMA* e *Workshop* com comunidades e demais *stakeholders*.

Ao compatibilizar o cronograma do Diretrizes com a previsão de liberação de áreas para recuperação prevista no Plano Plurianual de Manejo dos Rejeitos, observou-se a necessidade de que o processo de desenvolvimento dos projetos e respectivas aprovações tenha sua continuidade, para que a recuperação possa ser prontamente implementada logo após a liberação das áreas.

O **Quadro 4**, portanto, apresenta o cronograma com as principais etapas do processo de Recuperação Sustentável do Ribeirão Ferro-Carvão. É importante registrar que este cronograma reflete as etapas do Macrofluxo (apresentado no item 5 *Processo de Tomada de Decisão*) com as alterações solicitadas pelo órgão ambiental no Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022, que vincula os prazos da Fase 02 (Recuperação de Calhas Fluviais e Planícies) da etapa de Escolha da Melhor Alternativa ao fluxo do AJRI.

Com base nesses prazos, adotados como premissas, foi feita uma compatibilização com o Plano Plurianual de Manejo de Rejeitos. Desta compatibilização foi observado aderência ao cronograma do Plano para as áreas dos Remansos 1, 2 e 3 (*Workshop* 01) e para as áreas C (jusante Dique 2), D e E (*Workshop* 02). Destaca-se que para a Área B (exceto remansos) e Área C (montante Dique 2), (*Workshop* 03), ainda se observa um atraso das etapas do processo do Macrofluxo em relação à liberação das áreas pelo PMR, visto que a maior parte das áreas estão previstas de serem liberadas em 2024, porém a Etapa 4, de Execução e Monitoramento, para estas áreas está prevista para iniciar em 2025.

O cronograma apresentado foi baseado, portanto, nos prazos que vêm sendo praticados, bem como nos prazos necessários para análise dos documentos pela auditoria e pelo SISEMA conforme definido no fluxo do AJRI. A Vale entende que é possível que as durações das etapas, atualmente estabelecidas, possam ser otimizadas com o amadurecimento das propostas e soluções, bem como de uma maior celeridade nos fluxos de análise e aprovações dos documentos protocolados, buscando sempre a aderência à liberação das áreas conforme o PMR.

Quadro 4. Cronograma e histórico de Etapas do Diretrizes conforme Macrofluxo

ETAPAS DO MACROFLUXO	Duração	Início	Término	% concluída	2020		2021		2022		2023		2024		2025		2026
					S1	S2	S1										
Cronograma_Diretrizes_20221216	1974 dias	Ter 01/09/20	Seg 26/01/26	44%													
Etapa 01 (Macrofluxo): Identificação do Problema	637 dias	Ter 01/09/20	Ter 31/05/22	100%													
Elaboração da Proposta da MCA	585 dias	Ter 01/09/20	Sex 08/04/22	100%													
Aprovação da metodologia pelo SISEMA (Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022)	-	Ter 31/05/22	Ter 31/05/22	100%													
Área - Remansos 1, 2 e 3	1198 dias	Seg 03/05/21	Seg 12/08/24	62%													
Etapa 02 (Macrofluxo): Coleta e Identificação das alternativas - Remansos 1, 2 e 3	593 dias	Seg 03/05/21	Sex 16/12/22	100%													
Etapa 03 (Macrofluxo): Escolha da Melhor Alternativa Remansos 1, 2 e 3 - Fase 01	94 dias	Ter 31/01/23	Qui 04/05/23	0%													
Etapa 03 (Macrofluxo): Escolha da Melhor Alternativa Remansos 1, 2 e 3 - Fase 02	200 dias	Seg 24/04/23	Qui 09/11/23	0%													
Etapa 04 (Macrofluxo): Execução e Monitoramento (Obs.: Liberação das áreas - Plurianual PMR: 2023)	274 dias	Seg 13/11/23	Seg 12/08/24	0%													
Área C (jusante Dique 2), áreas D e E	691 dias	Seg 12/06/23	Sex 02/05/25	0%													
Etapa 02 (Macrofluxo): Coleta e Identificação das alternativas - Área C (jusante Dique 2), áreas D e E	135 dias	Seg 12/06/23	Ter 24/10/23	0%													
Etapa 03 (Macrofluxo): Escolha da Melhor Alternativa Área C (jusante Dique 2), áreas D e E - Fase 01	123 dias	Seg 11/09/23	Qui 11/01/24	0%													
Etapa 03 (Macrofluxo): Escolha da Melhor Alternativa Área C (jusante Dique 2), áreas D e E - Fase 02	200 dias	Seg 15/01/24	Qui 01/08/24	0%													
Etapa 04 (Macrofluxo): Execução e Monitoramento (Obs.: Liberação das áreas - Plurianual PMR: 2024)	274 dias	Sex 02/08/24	Sex 02/05/25	0%													
Área B (exceto remansos) e área C (montante Dique 2)	694 dias	Seg 04/03/24	Seg 26/01/26	0%													
Etapa 02 (Macrofluxo): Coleta e Identificação das alternativas - Área B (exceto remansos) e área C (montante Dique 2)	135 dias	Seg 04/03/24	Ter 16/07/24	0%													
Etapa 03 (Macrofluxo): Escolha da Melhor Alternativa - Área B (exceto remansos) e área C (montante Dique 2) - Fase 01	123 dias	Seg 03/06/24	Qui 03/10/24	0%													
Etapa 03 (Macrofluxo): Escolha da Melhor Alternativa - Área B (exceto remansos) e área C (montante Dique 2) - Fase 02	200 dias	Seg 07/10/24	Qui 24/04/25	0%													
Etapa 04 (Macrofluxo): Execução e Monitoramento (Obs.: Liberação das áreas - Plurianual PMR: 2024 - exceto B-03, B-05 e B-06 com liberação em 2025)	274 dias	Seg 28/04/25	Seg 26/01/26	0%													

13. GOVERNANÇA DO PROCESSO

Segundo descrito ao longo deste documento, a tomada de decisão em relação às soluções a serem implementadas nos compartimentos envolvem diferentes *stakeholders*, bem como estão pautadas por diferentes estudos em desenvolvimento. É importante ainda ressaltar que as atividades que antecedem a recuperação são prementes para o início dos trabalhos de recuperação propriamente ditos.

Ressalta-se que a tomada de decisão envolverá o SISEMA e suas instituições, a AECOM e demais partes interessadas (comunidades, prefeitura de Brumadinho, Comitê Pró-Brumadinho e Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba).

Conforme determinado pelo Ofício FEAM/GERAI nº 80/2022, houve alteração na 3ª etapa do Macrofluxo (item 5.1.3), em especial referente à não participação do SISEMA na votação nos *workshops*, bem como no que diz respeito à definição da recuperação de calhas fluviais e de planícies, na qual não haverá participação popular. Conforme ainda o referido ofício, esta definição deverá ser realizada de acordo com o fluxo definido no Acordo Judicial, sem prejuízo de reuniões técnicas eventualmente necessárias.

As decisões acordadas serão implementadas após a realização de cada *workshop*, sendo essa a instância decisória para a definição do conceito da recuperação, aplicadas a cada compartimento do ribeirão Ferro-Carvão. A partir dessa decisão serão desenvolvidos os projetos conceituais de recuperação de calhas e planícies, e posteriormente os projetos executivos, os quais conterão o detalhamento para a implementação e monitoramento das ações de recuperação.

A governança do processo considerará, além do disposto nos parágrafos anteriores, o gerenciamento de mudanças, caso haja necessidade. Destaca-se que eventuais adequações de projeto, se necessárias, serão registradas, informadas e devidamente justificadas e buscarão sempre a manutenção do conceito previamente aprovado.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCADIS. Caracterização geoquímica do rejeito sob o dossel e solo sotoposto. Setembro de 2022.

ARCADIS. Relatório Técnico de Caracterização Geoquímica dos Rejeitos em Profundidade e Solo Sotoposto. Setembro de 2021

BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D. SNYDER, AND J.B. STRIBLING. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.

CASTRO, P.T.A.; LANA, C.E.; FERREIRA, H.L.M.; LEITE, M.G.P.L.; SOBREIRA, F.G.; BACELLAR, L.A.P. A avaliação do estado de preservação do Alto Rio das Velhas, MG, com Base em Características Físicas do Ambiente Fluvial. Ouro Preto, DEGEO - UFOP / FAPEMIG. 2005. 239p. Relatório técnico final.

CASTRO, P.T.A.; FERREIRA, H.L.M.; MELO, M.C; LANA, C.E.; SILVA, A.C. Caracterização de zonas funcionais e da qualidade ecomorfológica do *habitat* de segmentos e trechos fluviais da bacia do rio Jequitaí, MG. 2007 In: *XI Congresso Brasileiro de Limnologia*, Macaé.

FERREIRA, H.L.M.; CASTRO, P.T.A. Abordagem metodológica para avaliação da estrutura física de *habitats* fluviais em climas tropicais. 2003. In: *IX Congresso Brasileiro de Limnologia*, Juiz de Fora. v. cd.

FERREIRA, H.L.M.; CASTRO, P.T.A. Avaliação ecomorfológica de segmentos e trechos fluviais– aplicação da abordagem rápida no alto curso da bacia do rio das Velhas/MG, Brasil. 2005 a. In: *Anais do XII Congresso Latinoamericano de Geologia. Área técnica: Geologia Ambiental*. Quito, Equador. 5p. v. cd.

FERREIRA, H.L.M.; CASTRO, P.T.A. Ecomorphological analysis of fluvial *habitats* of the upstream part of rio das Velhas/MG, Brazil. 2005 b. In: *Proceeding International Symposium on Land Degradation and Desertification. Session: S2 – Rivers, Fluvial Systems and Land Degradation*. Uberlândia/MG, Brazil. 8p. v. cd.

FERREIRA, H.L.M.; MELO M.C; FREITAS, M.A.F.P.; MEYER, S.T.; CAMPOS, M.C.S.; FELIPE,G.A.; *Ambientes aquáticos em Minas Gerais: Qualidade Ecológica*. Belo Horizonte, MG. Centro de Inovação e Tecnologia SENAI, 156p. ilustr.2017. Disponível em: <https://crbio04.gov.br/noticias/obra-traz-analise-ecologica-dos-ambientes-aquaticos-em-mg/>.

FERREIRA, H.L.M.; CASTRO, P.T.A.; MELO M.C. Caracterização ecomorfológica do *habitat* de segmentos e trechos fluviais da bacia hidrográfica do rio Muriaé, MG. 2007. In: *XI Congresso Brasileiro de Limnologia*, Macaé.

FRISSEL, C.A.; LISS, W.J.; WARREN, C.E.; HURLEY, M.D. A hierarchical framework for stream classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, v. 10, n. 2, p. 199-214, 1986.

GEOENVIRON. Caracterização Geoquímica de Rejeitos Fase I – Composição Química Global, Análise Granulométrica e Classificação Segundo a Norma NBR ABNT 10.004:2004. Dezembro de 2019

GEOENVIRON. Nota Técnica Estudo complementar de caracterização geoquímica dos rejeitos (Fase I): composição química global e classificação segundo a NBR ABNT 10.004/2004 dos rejeitos dos depósitos temporários (DTRS). Agosto de 2022.

GEOENVIRON. Caracterização Geoquímica dos Rejeitos Fase III - Ensaios cinéticos (solubilização em células úmidas e colunas submersas em 80 semanas de monitoramento. Setembro de 2022.

GEOENVIRON. Caracterização Geoquímica de Rejeitos Fase II – Caracterização Geoquímica dos Rejeitos FASE II- Avaliação Mineralógica e da Estabilidade Química (rev3). Dezembro de 2022.

HUGHES, R. M.; LARSEN, D. J. Regional references sites: a method for assessing stream potentials. *Environmental Management*, v. 10, n. 5, p. 629-635, 1986.

LANA, C. E.; FERREIRA, H. L. M.; CASTRO, P. T. A.; MELO, M. C.; SILVA, A. C. Identificação de zonas funcionais e avaliação ecomorfológica rápida de segmentos e trechos fluviais da bacia do rio Jequitaiá/MG. 2005. In: *X Congresso Brasileiro de Limnologia*, Ilhéus. v. cd.

LÓPEZ, C.M.; FERREIRA, H.L.M.; CASTRO, P.T.A; CAMARGO, A.F.M. Caracterização ecomorfológica de segmentos da vereda Curral da Égua, serra do Dilúvio, região de Três Marias, MG. 2007. In: *XI Congresso Brasileiro de Limnologia*, Macaé.

NERY, E.R.A. O conceito de restauração na literatura científica e na legislação brasileira. DOI: 10.7724/caititu. 2013. v1.n1.d04. Revista Caititu. 2013

SOMMERHÄUSER, M. *et al.* Kooperationsprojekte im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie in Südamerika – Bewertungs - und Entwicklungskonzepte für die Flussgebiete Rio das Velhas und Paraopeba in Minas Gerais, Brasilien. *Manuskript für KW - Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 2011.