



**Atualização do Plano de Recuperação  
Ambiental Integrado  
PRAI**

**Janeiro 2016**



## Sumário

<b>1.0 RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.0 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
2.1    Resumo do Plano de Recuperação Ambiental Integrado .....	4
<b>3.0 OBJETIVOS, RESTRIÇÕES E FATORES DE AVALIAÇÃO.....</b>	<b>5</b>
<b>4.0 METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO ADOTADA.....</b>	<b>7</b>
4.1    Alternativas, Decisões e Tempo .....	7
4.2    Embasamento Científico do Processo de Decisão .....	8
4.3    Embasamento Técnico das Alternativas de Recuperação .....	9
4.4    Riscos e Incertezas .....	9
4.5    Monitoramento e Gestão Adaptativa .....	10
4.6    Documentos de referência da Seção 4.0.....	10
<b>5.0 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE RECUPERAÇÃO UTILIZANDO AS INFORMAÇÕES ATUAIS.....</b>	<b>11</b>
5.1    Reforço das estruturas e recuperação da infraestrutura.....	11
5.2    Contenção de sedimentos e clareamento da água.....	11
5.3    Recuperação ambiental dos rios .....	12
5.3.1    Estabilização de Rejeitos e Recuperação Ambiental .....	12
5.3.2    Remoção dos Rejeitos .....	12
5.3.3    Áreas de alta prioridade .....	12
5.4    Plano de Recuperação Ambiental Integrado das Áreas Afetadas .....	13
5.5    Critérios de Desempenho das Ações de Recuperação Ambiental .....	17
5.6    Documentos de referência da Seção 5.0.....	18
<b>6.0 PREMISSA TÉCNICA QUE EMBASA AS ATIVIDADES DE RECUPERAÇÃO ATUAIS.....</b>	<b>19</b>
6.1    Distribuição e Volume de Rejeitos .....	19



<b>7.0</b>	<b>AÇÕES PRIORITÁRIAS IMEDIATAS .....</b>	<b>21</b>
7.1	Foco na Segurança .....	21
7.1.1	Manejo de Águas Superficiais.....	23
7.1.2	Sistemas de Emergência .....	24
7.1.2.1	Sistema de Alerta de Emergência .....	24
7.1.2.2	Sistema de Alerta Contra Cheias.....	27
7.1.3	Dragagem do Reservatório da UHE Risoleta Neves.....	29
7.1.4	Documentos de referência da Seção 7.1 .....	29
7.2	Criação de capacidade de armazenamento .....	30
7.2.1	Documentos de referência da seção 7.2.....	32
7.3	Ações emergenciais para a Estabilização e controle de erosão.....	32
7.3.1	Afluentes/Tributários .....	33
7.3.1.1	Estudo de Alternativas.....	33
7.3.1.2	Resultados Esperados/Obtidos .....	45
7.3.1.3	Monitoramento e Controle .....	48
7.3.1.4	Documentos de Referência da Seção 7.3.1 .....	48
7.3.2	Reconformação das calhas dos rios principais e controle de erosão.....	49
7.3.2.1	Levantamento de campo .....	50
7.3.2.2	Definição das premissas e critérios do projeto .....	51
7.3.2.3	Definição das seções tipo.....	52
7.3.2.4	Planícies de inundação.....	57
7.3.2.5	Etapas de construção .....	63
7.3.2.6	Documentos de Referência da Seção 7.3.2 .....	66
7.3.3	Plantio Emergencial .....	66
7.3.3.1	Estudo de Alternativas.....	66
7.3.3.2	Metodologia .....	70



7.3.3.3	Resultados Obtidos .....	76
7.3.3.4	Documentos de Referência da Seção 7.3.3 .....	85
7.4	Plano de Ações para o Período Chuvoso .....	86
<b>8.0</b>	<b>EMBASAMENTO CIENTÍFICO DA AVALIAÇÃO DE RISCOS E DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO.....</b>	<b>89</b>
8.1	Determinação dos Volumes de Rejeitos Depositados .....	89
8.1.1	Metodologia Utilizada para o Cálculo dos Volumes .....	89
8.1.1.1	Metodologia Utilizada na Área A Montante da Barragem de Santarém.....	89
8.1.1.2	Metodologia Utilizada na Área A Jusante da Barragem de Santarém .....	90
8.2	Geomorfologia .....	90
8.3	Caracterização Geoquímica .....	95
8.4	Avaliação de Impactos e Definição de Ações de Restauração da Fauna.....	96
8.4.1	Conservação da Biodiversidade Aquática.....	96
8.4.1.1	Monitoramento em Caráter Emergencial .....	97
8.4.2	Conservação da Fauna e Flora Terrestre .....	97
8.4.2.1	Espécies ameaçadas de extinção e constantes na lista CITES ocorrentes ou de potencial ocorrência na área de estudo .....	98
8.4.2.2	Avaliação dos vetores de impacto .....	100
8.5	Monitoramento de Qualidade da Água e Sedimentos .....	106
8.5.1	Pontos de Monitoramento do Rio Doce .....	107
8.5.1.1	Coleta e Análises.....	108
8.5.2	Monitoramento Hídrico do Rio Doce – Qualidade da Água.....	109
8.5.2.1	Qualidade da Água (Fundação renova) – Parâmetros Físico-Químicos.....	110
8.5.2.2	Qualidade da Água (Fundação renova) – Ecotoxicidade .....	111
8.5.3	Monitoramento Hídrico do Rio Doce (Fundação renova) – Qualidade dos Sedimentos .....	112
8.6	Qualidade do ar .....	114
8.7	Documentos de Referência da Seção 8.0 .....	115



<b>9.0</b>	<b>ATIVIDADE DE RECUPERAÇÃO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL</b>	<b>116</b>
9.1	Manejo de rejeitos	116
9.2	Recuperação da “Área Ambiental 1”	117
9.2.1	Testes piloto de revegetação	117
9.2.2	Plano de monitoramento para acompanhamento das intervenções prioritárias	119
9.3	Plano de Recuperação de Nascentes e APPs Degradadas	119
9.3.1	Recuperação de Nascentes	119
9.4	Fortalecimento das estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre	124
9.5	Melhoria nos Sistemas de Tratamento de Esgoto e Disposição de Resíduos Sólidos	124
9.6	Melhorias nos Sistemas de Abastecimento de Água	126
9.7	Unidades de Conservação	127
9.8	Documentos de Referência da Seção 9.0	129
<b>10.0</b>	<b>CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO E LICENCIAMENTO</b>	<b>129</b>
10.1	Documentos de Referência da Seção 10.0	129
<b>11.0</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>129</b>



## Índice de Tabelas

Tabela 1: Resumo das estimativas de volumes de rejeitos depositados até a barragem de Candonga.....	19
Tabela 2: Fatores de segurança globais das estruturas remanescentes.....	23
Tabela 3: Avaliação de opções de recuperação.....	39
Tabela 4: Status das obras de recuperação dos Tributários.....	45
Tabela 5: Avaliação das alternativas do Programa de Revegetação Inicial Emergencial.....	69
Tabela 6: Lista de espécies de leguminosas (Fabaceae) não invasoras passíveis de utilização do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.....	70
Tabela 7: Lista de espécies de gramíneas (Poaceae) não invasoras passíveis de utilização do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.....	71
Tabela 8: Espécie de outra família (Brassicaceae) não invasoras passível de utilização do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.....	71
Tabela 9: Lista de espécies nativas ruderais cujas sementes estavam disponíveis para coleta e podem ser utilizadas para o enriquecimento do mix de sementes comerciais do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.....	71
Tabela 10 - Ações preventivas e ações de contingência para o período chuvoso.....	88
Tabela 11 - Caracterização do Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal na Área de Estudo, em Situação Anterior ao Rompimento da Barragem de Fundão. Fonte: Golder (2016).....	100
Tabela 12 – Sumário dos pontos de monitoramento e os órgãos solicitantes.....	106

## Índice de Figuras

Figura 1: Visão consolidada da estratégia adotada pela Samarco para a recuperação ambiental.....	3
Figura 2: Visão temporal da estratégia adotada pela Samarco e Fundação Renova para a recuperação ambiental.....	4
Figura 3 - Representação esquemática das etapas 1 a 3 de recuperação ambiental.....	14
Figura 4 - Representação esquemática das etapas 4 e 5 de recuperação ambiental.....	15
Figura 5 - Representação esquemática das etapas 6 e 7 de recuperação ambiental.....	16
Figura 6 - Representação esquemática da etapa 8 de recuperação ambiental. ....	17
Figura 7: Estimativa de Carga de Rejeitos / Sedimentos em milhões m <sup>3</sup> (Fonte: Golder, RT-023_159-515-2282, Anexo Seção 5.0).....	21
Figura 8: Obras emergenciais de contenção e estabilização realizadas durante o período chuvoso 2015/2016 .....	22
Figura 9: Localização dos bombeamentos implantados – Pontos vermelhos .....	24
Figura 10: Sirenes de Longo Alcance. ....	25
Figura 11: Central de comando com log de dados de acionamento (Vektra).....	25
Figura 12: Visão Geral de todas as Sirenes.....	26
Figura 13: Sirenes da Barragem de Germano e Santarém. ....	26
Figura 14: Sirenes das Comunidades de Mariana. ....	26
Figura 15: Sirenes das Comunidades de Barra Longa .....	27
Figura 16: Áreas e trechos fluviais para o sistema de alerta contra cheias.....	27
Figura 17: Estação pluviográfica e data logger .....	28
Figura 18: Seção linimétrica e sensor de nível automático .....	29
Figura 19: Opções típicas de bioengenharia – Opções 1 a 6 (Golder Associates - G006900-C-100024_R-01, ver Anexo Seção 7.3).....	37
Figura 20: Opções típicas de bioengenharia – Opções 7 a 12 (Golder Associates - G006900-C-100025_R-01, ver Anexo Seção 7.3).....	38
Figura 21: Recuperação ambiental do tributário TG05. ....	46
Figura 22: Recuperação ambiental do tributário TG49. ....	47
Figura 23: Recuperação ambiental do tributário TG51. ....	48



Figura 24: Áreas prioritárias – Parte 1. ....	49
Figura 25: Áreas prioritárias – Parte 2. ....	50
Figura 26: Levantamento de campo executado pela Equipe da Golder. ....	51
Figura 27: Seção TIPO A esquemática. ....	53
Figura 28: Seção TIPO B esquemática. ....	54
Figura 29: Seção TIPO C esquemática. ....	55
Figura 30: Seção TIPO D esquemática. ....	56
Figura 31: Seção TIPO E esquemática. ....	57
Figura 32: Desenhos típicos de controle de erosão (1). ....	58
Figura 33: Desenhos típicos de controle de erosão (2). ....	59
Figura 34: Desenhos típicos de controle de erosão (3). ....	60
Figura 35: Desenhos típicos de controle de erosão (4). ....	61
Figura 36: Desenhos típicos de controle de erosão (5). ....	62
Figura 37: Desenhos típicos de controle de erosão (6). ....	63
Figura 38: Cronograma de atividades de reconformação das calhas dos rios e controle de erosão. ....	64
Figura 39 - Histograma de mão de obra e equipamentos nas obras de bioengenharia nas calhas e margens dos rios impactados. ....	65
Figura 40: Microcoveamento manual do solo com uso de enxadinhas nas proximidades de Barra Longa. ....	73
Figura 41: Preparação semi-mecanizada do substrato utilizando motocultivador nas proximidades de Barra Longa. ....	74
Figura 42: Preparação do solo utilizando métodos manuais e semi-mecanizados de escarificação do substrato, semeadura e fertilização sendo realizadas nas proximidades de Paracatu de Baixo. ....	75
Figura 43: Semeio a lanço realizado por trabalhadores locais. ....	76
Figura 44: Mapa do programa de revegetação inicial Emergencial. (Fonte: Golder Associates). ....	78
Figura 45: Mapa do programa de revegetação inicial Emergencial. (Fonte: Golder Associates). ....	79
Figura 46: Revegetação na região da Ponte do Gama. ....	80
Figura 47: Revegetação na região de Barra Longa. ....	81
Figura 48: Revegetação na região de Barra Longa. ....	82
Figura 49: Revegetação na região de Paracatu de Cima. ....	83





Figura 50: Revegetação na região de Paracatu de Baixo.....	84
Figura 51: Revegetação na região de Paracatu de Baixo.....	85
Figura 52 - Precipitação acumulada mensal registrada no complexo de Germano em 2015 e 2016 .....	86
Figura 53 - Estratégia integrada para preparação do próximo período chuvoso.....	87
Figura 54 - Número de espécies ameaçadas ou constantes da Lista CITES potencialmente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Fonte: Golder (2016). .....	99
Figura 55 - Pontos de Coleta e análise de sedimento.....	107
Figura 56 - Pontos de monitoramento de Turbidez e ETA's.....	108
Figura 57 - Ecotoxicidade aguda - Total: número de ensaios realizados. NT: Não Tóxico.....	112
Figura 58 - Ecotoxicidade crônica - Total: número de ensaios realizados. NT: Não Tóxico .....	112
Figura 59 - Histórico das atividades relacionadas ao manejo de rejeitos.....	116
Figura 60 - Modelos de recuperação teste 1 e 2.....	118
Figura 61 - Representação da instalação de fossas sépticas (arquivo Instituto Terra). .....	120
Figura 62 - Representação da implantação de barraginhas (arquivo Instituto Terra). .....	121
Figura 63 - Sub bacias priorizadas para recuperação das primeiras 500 nascentes.....	121
Figura 64 - Reuniões com as lideranças municipais de Frei Inocêncio, Itambacuri, Jampruca e Campanário. ....	122
Figura 65 - Assinatura do Termo de Compromisso.....	122
Figura 66 - Entrega de insumos aos proprietários da Bacia do Rio Santa Maria do Doce.....	122
Figura 67 - Entrega de insumos aos proprietários da Bacia do Rio Pancas. ....	123
Figura 68 - Entrega de insumos aos proprietários da Bacia do Rio Suaçuí Grande. ....	123
Figura 69 - Equipe do Instituto Terra fazendo cerca e realizando roçada seletiva.....	123
Figura 70 - Vistoria de cercamento. ....	124



## 1.0 RESUMO

Após o rompimento da barragem de Fundão, dois núcleos de trabalho principais foram estabelecidos, um socioeconômico e outro socioambiental. As ações para mitigar os danos ambientais ao longo de 650 km fazem parte do Plano de Recuperação Ambiental Integrado - PRAI. O relatório do PRAI demonstra que as atividades realizadas, aquelas em curso e as que ainda estão sendo planejadas, estão interligadas e convergem para a recuperação dos rios e do meio ambiente. O arquivo está alinhado ao Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), assinado em março de 2016 entre Samarco, Vale e BHP Billiton com os governos federal e dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo.

Em caráter emergencial, a Samarco realizou iniciativas referentes à **segurança das estruturas remanescentes da empresa** – localizadas no Complexo de Germano, em Mariana –, impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Também no primeiro momento, a Samarco se concentrou em outras duas frentes: a **ampliação da capacidade de armazenamento de rejeitos** e a **contenção e controle da erosão das áreas impactadas ao longo dos rios**.

Paralelamente ao trabalho inicial, entraram em cena duas vertentes do PRAI que são conduzidas pela Fundação Renova, estabelecida em conformidade com o TTAC para conduzir as medidas de reparação dos impactos causados pelo rompimento. A primeira é o desenvolvimento de um **embasamento científico da análise de riscos e do processo de recuperação**, constituído por uma série de avaliações científicas e sociais que visam orientar a tomada de decisões relativas à remediação no médio e longo prazos. A segunda diz respeito às ações que irão contribuir para a **recuperação dos rios**, sempre com orientação e aprovação dos órgãos ambientais competentes. Essas duas frentes de trabalho encontram-se em andamento e envolvem ações de curto, médio e longo prazos.

O plano de recuperação integrado segue uma abordagem baseada em riscos faseada incluindo análises de impacto e execução de obras de recuperação ambiental ao longo dos próximos 2 a 3 anos, seguidos de monitoramento, manutenção e recuperação assistida do meio. O objetivo do plano é de recuperar a área impactada pelo rompimento da barragem de Fundão, ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo, Doce e tributários, bem como implantar ações de cunho compensatório que irão contribuir para restauração do meio ambiente na bacia do rio Doce. O plano se fundamenta através de uma série de atividades integradas e de acordo com as prioridades baseadas na ciência, no conhecimento e nas necessidades das comunidades. Embora ainda existam avaliações científicas a serem concluídas para subsidiar as decisões quanto à recuperação final no que se refere ao manejo dos rejeitos e conservação da fauna e flora impactadas pelo evento, há uma série de atividades desenvolvidas em caráter emergencial ou que avançam com base dos estudos já realizados.

O foco do presente documento é expor de forma integrada as ações de recuperação ambiental, bem como ações compensatórias que estão sendo desenvolvidas pela Fundação Renova. Entre elas as diretrizes para manejo de rejeitos; recuperação ambiental da área onde houve deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios; ações compensatórias de recuperação de nascentes e APPs degradadas na bacia do rio Doce; diagnóstico de impactos à fauna aquática, terrestre e a unidades de conservação, que irá direcionar ações de reparação; melhorias nos sistema de tratamento de água e monitoramento da qualidade da água na bacia do rio Doce e mar. O documento também apresentara de forma sumarizada ações que foram realizadas ou se encontram em andamento por parte da Samarco com foco na garantia da segurança das estruturas remanescentes e aumento na capacidade de retenção de rejeitos na área do complexo minerário, evitando novos aportes de rejeitos para o meio ambiente.

Como indicado na Figura 1, as áreas de foco primário para a estação chuvosa e no curto prazo são:



**Foco na Segurança** – Garantir que as estruturas existentes na área das barragens permaneçam com fator de segurança global superior a 1,5 e garantir a segurança do barramento da UHE Risoleta Neves (Candongia) por meio da dragagem dos sedimentos depositados no seu reservatório.

**Criação de Capacidade de Armazenagem** – Criar capacidade de armazenagem adicional na área da mina e seu entorno, por meio da construção de determinadas estruturas e da aplicação de métodos dragagem para coletar sedimentos. A vazão de descarga de água local será regulada através de um vertedouro operacional (variável) para ajudar a reduzir a turbidez a jusante.

**Estabilização e Controle de Erosão** – Estabilização dos sedimentos depositados ao longo das margens dos referidos, especialmente como preparação para a estação chuvosa, mas também visando prevenir erosão no longo prazo, e início do desenvolvimento de vegetação e perfis de solo. Estas ações iniciadas em caráter emergencial são as primeiras etapas para recuperação ambiental do trecho entre a Samarco e a UHE Risoleta Neves.

**A ciência como subsídio para avaliação de risco e remediação** – Conclusão de uma série de avaliações científicas e sociais para subsidiar as avaliações de risco e de impacto e orientar a tomada de decisões relativas à recuperação ambiental.

**Atividades de Recuperação Ambiental** – Desenvolvimento de projetos e execução de atividades de recuperação das áreas impactadas, incluindo recuperação da mata nativa, conservação da biodiversidade aquática e terrestre, melhorias nos sistemas de tratamento de água e esgoto e recuperação de áreas de preservação permanente e nascentes degradadas em toda a bacia do rio Doce.

A abordagem baseia-se em uma metodologia adaptativa que busca testar alternativas de recuperação e analisar o monitoramento de modo a fornecer subsídios para futuros desenvolvimentos e assegurar a eficiência do projeto.

A Figura 1 apresenta as atividades integradas requeridas no curto e médio prazo a fim de reduzir os riscos e impactos da próxima estação chuvosa e concluir as avaliações técnicas e científicas necessárias para embasar a abordagem plena e integrada de recuperação dos rios.

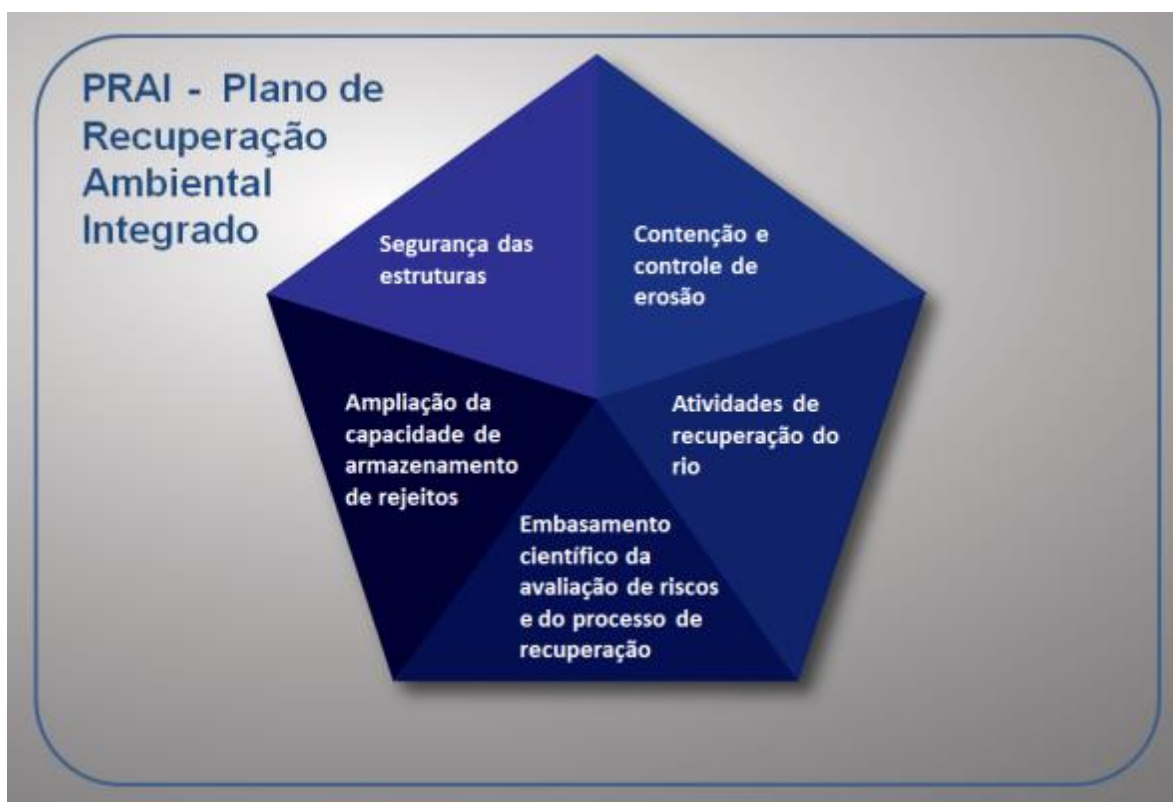


Figura 1: Visão consolidada da estratégia adotada pela Samarco para a recuperação ambiental.

Por ser um plano de recuperação ambiental integrado, a abordagem objetiva amplamente:

- Evitar que haja aporte de sedimentos e aumento da turbidez nos cursos hídricos impactados;
- Recompôr da mata ciliar e o ecossistema fluvial;
- Recuperação de infraestrutura social e econômica das comunidades afetadas no menor prazo possível.

O gerenciamento da recuperação neste horizonte de tempo permite que o sistema fluvial se readapte naturalmente, com a assistência de técnicas regenerativas e de recuperações práticas e orientadas. Entretanto, é de suma importância a intervenção no curto prazo (nos próximos 2 – 3 anos), visando estabilizar e prevenir a erosão adicional dos depósitos de rejeito ao longo das margens dos rios e melhorar a qualidade da água.

## 2.0 INTRODUÇÃO

Tendo como base o contexto apresentado na Seção 1.0, este documento tem o objetivo de apresentar a metodologia integrada adotada pela Fundação Renova para o planejamento das ações de recuperação. Será demonstrado que, nos meses que se sucederam ao rompimento da Barragem de Fundão, em novembro de 2015, dadas às circunstâncias emergenciais, foram elaborados múltiplos planos individuais a partir de estudos técnicos com variados níveis de aprofundamento e, para dar sequência, outros estão sendo, ou serão elaborados no futuro. Também será demonstrado que os planos, embora individuais, seguem uma sequência lógica e concatenada, que busca conciliar as ações urgentes no curto prazo com a

necessidade de se desenvolver um projeto de recuperação de caráter abrangente e integrado no longo prazo.

Nesse sentido, este relatório descreve em detalhes as ações atualmente propostas e tem como finalidade descrever os objetivos, as restrições e contexto do planejamento anterior, atual e futuro a fim de superar a discussão isolada e descontextualizada de medidas específicas. Isto contribuirá sobremaneira para compreensão geral a respeito da estratégia adotada e para o diálogo com diversos atores externos interessados.

## 2.1 Resumo do Plano de Recuperação Ambiental Integrado

O gráfico abaixo (Figura 2) demonstra o processo adotado inicialmente pela Samarco e a continuidade do mesmo que vem sendo conduzida pela Fundação Renova no planejamento das ações de recuperação, em formato de cronograma. Destaca-se a separação que existe entre as ações:

- de reforço emergencial das estruturas e de recuperação da infraestrutura;
- de contenção de sedimentos e clareamento da água;
- avaliações ambientais, sociais e de recuperação ambiental dos rios.

A razão desse agrupamento e seus efeitos no planejamento das ações de recuperação serão abordados em maior detalhe nas próximas seções.

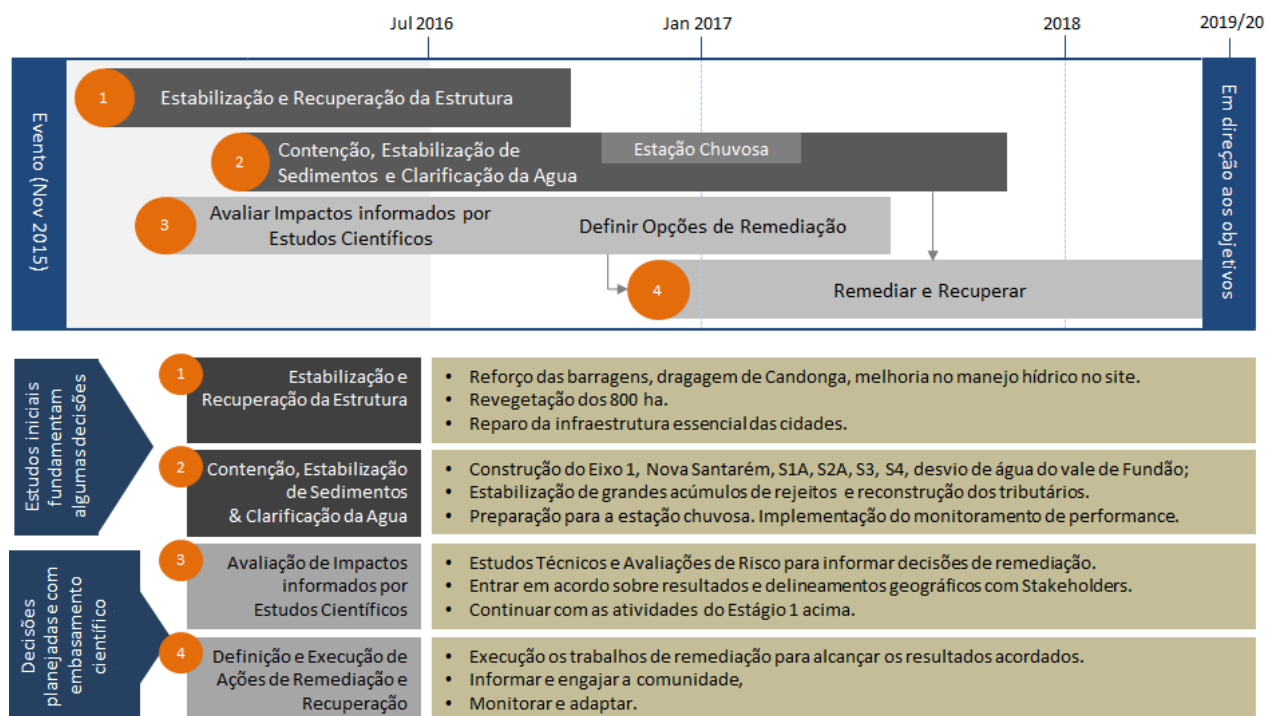


Figura 2: Visão temporal da estratégia adotada pela Samarco e Fundação Renova para a recuperação ambiental.

### **3.0 OBJETIVOS, RESTRIÇÕES E FATORES DE AVALIAÇÃO**

Esta seção apresenta a perspectiva da Fundação Renova quanto aos objetivos das ações de recuperação, às suas restrições críticas e aos fatores de avaliação.

O planejamento das ações de recuperação da Fundação Renova tem como objetivo maior promover a recuperação das comunidades, do meio ambiente e das atividades econômicas das comunidades afetadas à situação anterior ao evento. Esse objetivo global pode ser dividido em três sub-objetivos com prazos distintos definidos na Seção 9.8.

- Evitar que haja aporte de sedimentos e aumento da turbidez em períodos chuvosos;
- Recomposição da mata ciliar na área impactada;
- Recuperação de infraestrutura social e econômica das comunidades afetadas no menor prazo possível;
- Conservação da biodiversidade aquática e terrestre na área impactada pelo evento.

Os dois primeiros sub-objetivos têm como principais restrições o tempo e processos naturais. É improvável que as ações que visam evitar que haja aporte de sedimentos e aumento da turbidez, em período chuvoso, tenham eficácia no primeiro ano, sendo mais provável que um prazo de 2 a 3 anos permita realizar os ajustes, melhorias e adequações necessárias. A recuperação da mata ciliar e do ecossistema fluvial é, por definição, um processo natural que, embora possa ser iniciado e facilitado por ações específicas, deverá então seguir seu curso a seu tempo, em um processo de mais longo prazo.

### **Principal Restrição na Execução das Ações de Recuperação:**

Até o momento, a principal restrição no planejamento e na execução das alternativas de recuperação tem sido o tempo. Elencamos abaixo as principais restrições temporais que incidiram na busca dos objetivos de recuperação a partir do momento do incidente:

Nos primeiros meses após o incidente, a Samarco priorizou as ações emergenciais de reforço das estruturas de contenção remanescentes e de recuperação de infraestruturas críticas. Nas ações para assegurar a segurança estrutural e a recuperação da infraestrutura – objetivos de curto prazo – as limitações de tempo implicaram a necessidade de abreviar o processo de planejamento, dado que a postergação dessas ações geraria riscos ainda maiores.

A segunda grande restrição temporal é a proximidade do período chuvoso. O período seco de 2016 possibilitou que se realizassem estudos de apoio e discussões com públicos interessados. Diante da multiplicidade de atores envolvidos, da complexidade técnica e da necessidade de se implementar ações de modo emergencial, o prazo não foi suficiente para uma análise plena e conjunta de todas as alternativas possíveis, mas a postergação das ações propostas traria riscos muito maiores.

Já os planos de recuperação ambiental em longo prazo serão menos afetados por restrições temporais. Na realidade, os prazos maiores permitirão entender mais amplamente os resultados das ações iniciais de recuperação. Também será possível uma discussão mais aprofundada com os públicos interessados sobre alternativas, benefícios, riscos e oportunidades e uma análise mais iterativa dos resultados dos estudos e dos projetos de engenharia.

**Embasamento científico das decisões:** Outra restrição a ser considerada são os limitados conhecimentos científicos sobre os processos fluviais, estuarinos e costeiros. Para uma compreensão plena de todos os processos subjacentes ou que possam influenciar as decisões sobre as ações de recuperação, são necessários vários anos de estudos. Em outras regiões do mundo, como no rio Colúmbia (América do Norte), onde já há vários anos estudam-se os impactos nos rios, permanece até hoje um debate sobre algumas das conclusões geradas.

**Magnitude e Complexidade das Ações de Recuperação:** A complexidade de algumas das ações propostas é outra restrição. A construção de diques, o desvio de cursos d'água e os trabalhos de contenção das margens dos rios são ações complexas que devem ser subsidiadas por avaliações e estudos de engenharia adequados. Sempre que o tempo permitir, o ideal é que se realizem ciclos iterativos de investigação, engenharia, execução e análise retrospectiva. Em obras complexas, outra restrição com que se depara é o ritmo dos trabalhos. Por exemplo, o aumento da frota de equipamentos pode acelerar a construção dos diques, **mas as limitações de espaço, o difícil acesso e as propriedades dos materiais impossibilitam trabalhar acima de determinada velocidade de construção sem prejudicar a segurança e a qualidade.**

**Interação com Um Sistema Natural:** Os projetos de recuperação dos rios sofrem outra restrição decorrente da associação da engenharia com processos naturais. Os conhecimentos acumulados na recuperação de determinado sistema fluvial podem não ser válidos para outros rios ou para outros trechos de um mesmo rio, fazendo com que os estágios iniciais do processo de recuperação sejam, pelo menos parcialmente, experimentais. Na prática, essa restrição implica que até mesmo os projetos de recuperação planejados com grande perícia podem não apresentar os resultados esperados, podendo ser necessários vários anos de adaptação até que os projetos alcancem plena maturidade.

**Avaliação de Alternativas:** Os principais fatores de avaliação adotados pela inicialmente pela Samarco e a partir de agosto/16 pela Fundação Renova são riscos (consideram-se limites aceitáveis), apoio do público ou das partes interessadas (consideram-se limites mínimos aceitáveis), e a viabilidade da alternativa de recuperação. A experiência em outros projetos indica que esses grupos contemplam os interesses da



maioria das partes interessadas. No entanto, a definição daquilo que se deve incluir no grupo "apoio de públicos interessados", por exemplo, pode variar entre uma decisão e outra. A Fundação Renova reconhece que a complexidade do trabalho atribuído a cada grupo pode variar a depender de quem os avalia.

**Avaliação de Riscos:** São considerados três níveis de risco no processo de remediação, que ajudam a nortear a priorização das atividades e do foco dos esforços.

No primeiro nível, a redução dos riscos ambientais, de saúde e socioeconômicos representa uma parte essencial do objetivo global das ações de recuperação. Essas avaliações de risco estão sendo conduzidas no âmbito dos estudos científicos, servindo de base para definições quanto às áreas em que devem ser retirados rejeitos ou quanto à necessidade estabilização de determinado depósitos de rejeitos, definições estas que são fortemente influenciadas pela existência de riscos à saúde ou ambientais.

O segundo nível refere-se às ações propostas e se terão os resultados esperados ou, na pior das hipóteses, se serão inteiramente ineficazes. Esses chamados "riscos de desempenho" são considerados nas ações emergenciais e no período chuvoso, sendo um dos aspectos fundamentais a serem considerados nas análises de acompanhamento dos projetos de recuperação. Nas obras emergenciais, esse tipo de avaliação permite definir se o risco com determinada solução de recuperação (por exemplo, o dique S3) será menor do que no caso de não ser tomada medida nenhuma.

O terceiro nível refere-se aos "riscos residuais", ou seja, os riscos que permanecem mesmo quando as ações de recuperação são devidamente planejadas, executadas, monitoradas e, se necessário, adequadas. Estes riscos são inerentes a projetos de recuperação fluvial e poderão se prolongar no tempo. Esse motivo, por si só, torna importante que esses riscos sejam abertamente discutidos e considerados na avaliação das alternativas de recuperação. O conhecimento destes riscos é um dos fatores que reforça a necessidade de realizar o manejo de rejeitos com base em fundamentação científica robusta, mitigando o risco de a movimentação dos sedimentos gerar impactos maiores que os relacionados a não fazer intervenções nos mesmos, além de se alongar no tempo a solução que se busca para a sociedade e o meio ambiente. Na Seção 8.0 são apresentados os resultados disponíveis da análise de impactos causados pelo evento ocorrido na barragem de Fundão ao meio ambiente. As informações apresentadas neste capítulo e documentação de referência mostram que os riscos de se manter o rejeito onde está, até a conclusão dos estudos necessários para determinação da sua destinação definitiva, é baixo quando comparado ao risco residual de movimentar os rejeitos sem embasamento científico (definição da real necessidade de remoção dos rejeitos dos pontos de vista ambiental e social, definição do local de disposição e metodologia de manejo adequadas).

## **4.0 METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO ADOTADA**

Esta seção descreve a metodologia geral adotada pela Fundação Renova no planejamento das ações de recuperação.

### **4.1 Alternativas, Decisões e Tempo**

O planejamento das ações de recuperação consiste basicamente em uma série de decisões a respeito das alternativas de recuperação, levando em conta fatores como riscos, tempo, restrições e viabilidade. O ideal é que cada decisão seja subsidiada por uma análise completa de todas as alternativas possíveis frente aos objetivos, restrições e fatores de avaliação.



Diante do grande número de alternativas possíveis para tratar dos riscos e prazos impostos, o planejamento das ações de recuperação dos impactos exige a adoção de uma hierarquia de avaliação de alternativas. Em um primeiro momento, estuda-se um amplo leque de alternativas com grandes diferenças entre si e, posteriormente, os detalhes e diferenças mais sutis entre alternativas. A sequência de estudos de escopo, pré-viabilidade, viabilidade e detalhamento são um exemplo da hierarquia de planejamento comumente aplicada na indústria de mineração.

**Opções e Decisões no Período Emergencial:** Como observado na seção anterior, os projetos de recuperação em Fundão estão sujeitos a restrições temporais distintas. O caráter de emergência das medidas iniciais de reforço das estruturas, e a atual urgência em iniciar as atividades de preparação para o período chuvoso, impuseram um encurtamento do ciclo de planejamento. Embora a Samarco não tenha deixado de avaliar alternativas em todos os casos, as restrições de tempo impediram uma avaliação completa e iterativa. Priorizou-se, portanto, a identificação de alternativas viáveis e a minimização de eventuais riscos associados a essas alternativas, assegurando que fossem em todo caso menores do que aqueles decorrentes da ausência de implementação de quaisquer medidas. Em alguns casos, os processos, por terem sido abreviados em razão de restrições temporais podem se sujeitar a revisões futuras. No entanto, é possível afirmar que se fosse aguardada a realização de estudos mais aprofundados, os riscos seriam inaceitáveis para todas as partes.

**Processo de Decisão de Mais Longo Prazo:** À medida que o projeto se encaminha para as ações de recuperação ambiental de mais longo prazo, sujeitas a menores restrições de tempo, dado seu caráter não emergencial, será retomado o processo de avaliação mais aprofundada de alternativas. Em especial, haverá tempo suficiente para obter maiores subsídios para as avaliações da Fundação Renova com maior segurança, incluindo outras perspectivas sobre alternativas, objetivos, restrições e riscos. Também haverá maior tempo para estudos científicos e de engenharia e para a realização de análises, pelos órgãos competentes, do planejamento final proposto pela Renova sem o comprometimento da segurança das comunidades.

## 4.2 Embasamento Científico do Processo de Decisão

As decisões sobre ações de recuperação devem ser subsidiadas por estudos científicos em diversas disciplinas, realizados conforme o tempo disponível e a urgência na implementação das medidas, incluindo:

- Estudos geoquímicos para avaliar se os rejeitos são tóxicos ou possam comprometer a qualidade da água;
- Estudos geomorfológicos para identificar os mecanismos de mobilização, transporte e deposição dos rejeitos;
- Estudos ecológicos para avaliar os efeitos dos rejeitos no habitat e na fauna aquática nos rios, afluentes e áreas adjacentes marinhas;
- Estudos de adequação do solo para avaliar se a distribuição de sedimentos nas margens e várzeas do rio irá inibir a recomposição topográfica e da vegetação; e
- Estudos sociais e econômicos para diagnóstico dos principais impactos dos rejeitos e das obras de recuperação nas indústrias, nos produtores rurais e na infraestrutura.

Alguns destes estudos já foram elaborados e entregues aos órgãos competentes. De toda forma, a expressão “sempre que o tempo permitir” é uma ressalva importante. Os estudos acima seguem uma sequência lógica. Por exemplo, os estudos geoquímicos identificam o potencial global para efeitos tóxicos e, portanto, geralmente precedem os estudos ecológicos ou de adequação do solo. Como ocorre em todos os campos da ciência, convém que os estudos descritos acima sejam objeto de análises iterativas e revisões aprofundadas.

Em determinados casos certas decisões precisam ser tomadas antes que seja possível consolidar o conhecimento científico em virtude da emergência da situação, embora nada seja feito sem razoável respaldo técnico. Foi justamente esse o caso das ações de reforço estrutural e recuperação de infraestruturas, cujas obras emergenciais iniciaram imediatamente após o acidente, ainda no período chuvoso, assim como das atividades preparatórias para o período chuvoso de 2016/2017, relacionadas à contenção de sedimentos e clarificação da água. As decisões sobre as ações de recuperação de longo prazo têm maior embasamento científico, mas é provável e tecnicamente aceitável que ainda permaneçam incertezas pontuais. Nesse sentido, é fundamental que, em todas as fases de planejamento das ações de recuperação, sejam consideradas todas as evidências científicas disponíveis, incluindo eventuais incertezas remanescentes. Mas é igualmente importante que os planos de recuperação com caráter de urgência não se tornem reféns da exigência de um "embasamento científico perfeito", sob pena de se inviabilizar a realização de medidas necessárias e urgentes e criação de outros riscos decorrentes da inação. Os relatórios e estudos que subsidiaram as decisões e a formulação de alternativas estão detalhados na Seção 8.0 deste relatório.

### **4.3 Embasamento Técnico das Alternativas de Recuperação**

Como observado na Seção 2.0, muitas das ações de recuperação propostas serão empreendimentos complexos que exigem a elaboração de estudos e projetos de engenharia anteriormente à sua execução. Essas ações estão sujeitas a restrições temporais similares às mencionadas acima em relação aos estudos científicos.

Para que o planejamento transcorra nos prazos definidos e atenda à emergência da situação, também é importante que as decisões sejam baseadas em considerações razoáveis, em contraponto a expectativas de "embasamento técnico perfeito". Em geral, o nível de detalhamento da engenharia aumenta conforme vai se reduzindo o número de alternativas disponíveis.

A seleção inicial de alternativas nos primeiros 6 meses após o evento baseou-se em grande parte na experiência e em conhecimentos de engenharia anteriormente adquiridos e não somente em estudos científicos específicos, dada a urgência e a iminência das circunstâncias. Nas fases posteriores do planejamento das ações de recuperação, em que o número de alternativas possíveis se reduz, espera-se que as diferenças entre as diversas alternativas possam ser claramente definidas com pouco esforço de engenharia. Mas, em alguns casos, podem ser necessários estudos de engenharia mais intensivos para entender as diferenças sutis nos níveis de risco técnico. O diálogo aberto, desde o princípio, sobre as incertezas associadas a cada decisão poderá contribuir para que a Fundação Renova e os órgãos reguladores definam em comum acordo os níveis adequados de esforço de engenharia.

Os relatórios e estudos de engenharia que foram ou em breve serão apresentados são descritos na Seção 9.0 do relatório.

### **4.4 Riscos e Incertezas**

Os diversos tipos de "riscos" envolvidos no planejamento das ações de recuperação foram descritos na Seção 3.0. Os riscos e, de forma mais ampla, as incertezas têm grande influência no planejamento das ações. A análise dos riscos e incertezas procurará:

- Entender riscos ambientais, à saúde humana e socioeconômicas na situação atual e definir, em comum acordo, os objetivos de redução desses riscos;

- Avaliar as incertezas associadas ao êxito de cada alternativa, e considerá-las na seleção de alternativas;
- Compreender e comunicar os riscos residuais que permanecerão após a conclusão da ação de recuperação.

## 4.5 Monitoramento e Gestão Adaptativa

A Fundação Renova tem ciência das limitações dos atuais conhecimentos científicos e da engenharia das ações de recuperação fluvial, e das restrições resultantes no planejamento dessas opções. O monitoramento e a gestão adaptativa são, portanto, estratégias importantes para gerir essas restrições.

O monitoramento permite avaliar a eficácia das ações de recuperação. As avaliações realizadas pelo IBAMA nas fases Hélios a Argos da operação Áugias (ver anexos da Seção 4.0) trouxeram bons exemplos de técnicas de monitoramento que podem ser empregados na avaliação do desempenho de ações de recuperação, como a restauração de afluentes. As recomendações apresentadas no relatório da fase Hélios foram discutidas em fóruns específicos com o IBAMA e estão sendo consideradas nas ações de recuperação da área impactada. Cada uma das recomendações do IBAMA indicadas no relatório de vistoria de campo da fase Argos foi considerada pela Fundação Renova, sendo considerações e ações realizadas pela Renova sobre estas recomendações apresentadas no documento “Posicionamento FRenova Fase Argos” (ver anexos da Seção 4.0).

A gestão adaptativa é um processo pelo qual os aspectos de desempenho são formalizados sob a forma de hipóteses científicas, permitindo que sejam concebidos programas de monitoramento para tratar definitivamente dessas questões. Assim, a inclusão de um processo de gestão adaptativa cria um ciclo de feedback para melhoria das técnicas de remediação ao longo do tempo.

O monitoramento do desempenho no próximo período chuvoso será essencial como subsídio ao desenvolvimento dos projetos para o alcance dos resultados desejados, como a redução da turbidez e do aporte de sedimentos oriundos de grandes depósitos ao longo do Rio de Gualaxo do Norte. Assim, o fato de serem necessárias ações de contenção de sedimentos e de clarificação das águas em curto prazo traz consigo um aspecto positivo: haverá um conjunto de ações de recuperação em plena escala que serão avaliados no próximo período chuvoso.

## 4.6 Documentos de referência da Seção 4.0

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
relatorio_fase_helios_operacao_augias	Relatório Fase Hélios - Operação Áugias (NAP DOCE)	IBAMA	Jul/16
relatorio_fase_argos_operacao_augias	Relatório Fase Argos - Operação Áugias (NAP DOCE)	IBAMA	Out/16
Posicionamento FRenova Fase Argos	Posicionamento da Fundação Renova em relação aos comentários feitos pelo IBAMA no relatório da inspeção de campo, fase Argos	F. Renova	Nov/16

## **5.0 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE RECUPERAÇÃO UTILIZANDO AS INFORMAÇÕES ATUAIS**

A Figura 2 apresenta o cronograma da Fundação Renova e da Samarco para as principais ações relacionadas aos três principais eixos:

- Reforço emergencial das estruturas e de recuperação da infraestrutura;
- Contenção de sedimentos e clareamento da água; e
- Recuperação ambiental dos rios.

Este capítulo resume as ações propostas para os grupos 1 e 2. Vale lembrar que o menor nível de detalhamento é intencional, tendo-se por foco a metodologia de planejamento.

Na Seção 2.0 deste relatório apresenta-se um resumo completo das atividades.

A Figura 1 apresentou o processo para executar estas fases e mostra as conexões entre as várias ações do estágio inicial, que estão amplamente detalhadas neste relatório, bem como a avaliação de impactos e proposição de diretrizes para o manejo de rejeitos descritos no documento nº RT-023\_159-515-2282 (ver Anexo Seção 5.0).

Os métodos de recuperação e estabilização adotados até o momento são baseados:

- Em nossa compreensão dos mecanismos de transporte e distribuição de sedimentos;
- No tempo para implementar qualquer solução específica;
- Na viabilidade e eficácia da solução (segura e prática).

À medida que o conhecimento aumenta e as informações sobre o desempenho das soluções iniciais são avaliadas, as soluções futuras deverão se tornar mais amplas, mais eficazes e mais adequadas. Devido a restrições temporais, ainda existem avaliações técnicas a serem concluídas de modo a embasar de forma completa as avaliações das opções. Este nível de rigor técnico introduziu o tempo como um fator restritivo. Não foi considerado o uso de tecnologias emergentes, a não ser experimentalmente, uma vez que o foco primário consistiu em adotar soluções seguras, conhecidas e práticas. Os métodos adotados se concentram nas seguintes categorias amplas de esforço de recuperação.

### **5.1 Reforço das estruturas e recuperação da infraestrutura**

A contenção e a recuperação da infraestrutura de rejeitos existentes foram, sem dúvida, as atividades mais importantes conduzidas pela Samarco nos primeiros meses que seguiram o evento ocorrido na barragem de Fundão. Os trabalhos concluídos até o momento asseguraram a estabilidade das estruturas existentes através da execução de obras de recuperação e minimização da erosão (desvio de águas). Outras estruturas por sua vez foram idealizadas, algumas das quais já vêm sendo implementadas e, em conjunto, conferem uma solução integrada para a contenção de sedimentos. As técnicas adotadas e utilizadas para recuperar as estruturas constituem a melhor prática de engenharia, não tendo sido aplicadas as alternativas fora do que já se comprovou eficaz em outros locais.

### **5.2 Contenção de sedimentos e clareamento da água**

Estruturas físicas no rio são consideradas a medida mais apropriada para minimizar de forma rápida e eficaz a descarga de sedimentos durante eventos de movimentação de massas ou a continuidade da

erosão após eventos de precipitação. A Samarco realizou e continua realizando um grande esforço para implantação destas estruturas. As soluções de contenção desenvolvidas para a emergência e para as estações chuvosas iniciais visam instalar alternativas comprovadas e simples, cujos critérios de desempenho, eficácia e controle de gerenciamento de risco são conhecidos. Essencialmente, trata-se de uma série de barragens e diques.

## **5.3 Recuperação ambiental dos rios**

A Figura 2 apresenta também as ações de recuperação ambiental ao longo dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce. As ações prioritárias para a próxima estação chuvosa estão em andamento ou em estágio avançado de planejamento. O plano integrado de médio e longo prazo para todas as áreas afetadas encontra-se em fase inicial de desenvolvimento.

### **5.3.1 Estabilização de Rejeitos e Recuperação Ambiental**

Grandes depósitos de sedimentos resultantes dos rejeitos encontram-se ao longo dos primeiros 75 km de margens de rio. Estes depósitos continuarão a gerar turbidez e carga de sedimento no rio durante os períodos chuvosos. Portanto, a estabilização deste material é uma importante ferramenta de controle no curto e médio prazo. A alternativa à estabilização é a remoção do sedimento (descrita na Seção 5.3.2). Avaliações, incluindo os relatórios do IBAMA (Relatório Fase Hélios e Argos, ver Anexo Seção 4.0), cujos comentários foram / estão sendo analisados e, quando aplicáveis, considerados pela Fundação Renova como pontos a serem melhorados, identificam áreas e atividades prioritárias e estabelecem fatores de sucesso viáveis e realistas. Embora a maioria dos estudos seja abrangente, persiste a incerteza quanto aos controles ambientais e às medidas de estabilização mais eficazes e sustentáveis, sendo necessário um gerenciamento adaptativo ao longo de muitos anos. Os atuais controles são baseados nas melhores informações geomorfológicas e hidrológicas disponíveis, bem como na experiência acumulada em outras partes do Brasil e do mundo. O monitoramento continuará a ser uma importante atividade para otimizar o desempenho e o projeto. As atividades de estabilização em execução são descritas na Seção 7.3, incluindo o controle de drenagem e a conformação do contorno de planícies aluviais, a recuperação de tributários, revegetação e enrocamento no canal principal.

### **5.3.2 Remoção dos Rejeitos**

Os dois principais métodos de remoção de sedimentos estão sendo aplicados, isto é, escavação e dragagem. A escavação e remoção de sedimentos de rejeitos ao longo das margens dos rios se limitam atualmente a cidades e áreas de infraestrutura. A remoção de sedimentos será considerada de maneira mais ampla como parte do planejamento de impacto ambiental e social conforme descrito na Seção 9.1.

### **5.3.3 Áreas de alta prioridade**

O estudo de geomorfologia e as investigações associadas indicaram dezesseis áreas de depósitos de rejeitos como prioritárias para as ações de contenção para o próximo período chuvoso. As ações recomendadas têm por objetivo evitar a erosão de grandes acúmulos de sedimentos nas margens e várzeas do rio e seus afluentes, através de medidas de recomposição topográfica e controle de drenagem, enrocamento e bioengenharia.

Na elaboração dos planos para áreas prioritárias, foram avaliadas diversas técnicas de contenção geralmente com base na experiência adquirida em outras regiões. Algumas dessas técnicas já foram implementadas ou serão implementadas antes do próximo período chuvoso. Sua eficácia será avaliada por

meio de um programa de gestão adaptativa e monitoramento no período chuvoso, contribuindo para o planejamento futuro.

Nos próximos 2 anos dar-se-á continuidade à dragagem da UHE Risoleta Neves (Barragem de Candonga) e à modernização das estações de tratamento e redes de abastecimento de água para evitar impactos nas indústrias e na saúde humana, e para mitigar o risco à estabilidade do barramento.

## **5.4 Plano de Recuperação Ambiental Integrado das Áreas Afetadas**

A recuperação ambiental das áreas impactadas pelos rejeitos da barragem de Fundão contempla a recuperação do meio físico (na área onde houve deposição de rejeitos dentro e fora das calhas dos rios, identificada como ÁREA AMBIENTAL 1), diagnóstico de impactos à fauna, tanto aquática quanto terrestre e ações de conservação para reparação dos impactos mapeados.

A recuperação da área ambiental 1 envolve 8 etapas principais indicadas abaixo:

1. Criação / recuperação de acessos (realizado);
2. Cobertura inicial com gramíneas e leguminosas (realizado, atualmente recebendo manutenção);
3. Recuperação dos tributários (em andamento – 58 recuperados de 92 mapeados);
4. Reconformação e controle de erosão nas planícies (em andamento);
5. Regularização das margens dos rios (em andamento);
6. Revegetação das margens e planícies (a ser realizado após a execução dos itens 4 e 5);
7. Plantio de agricultura (a ser realizado após a execução do item 4);
8. Plantio de mata ciliar (a ser realizado após a execução do item 6).

As 8 etapas listadas são apresentadas de forma esquemática das figuras a seguir:





ETAPAS DO PROJETO EXECUTADAS

- 1 – ACESSOS
- 2 – VEGETAÇÃO EMERGENCIAL
- 3 – RECUPERAÇÃO DOS TRIBUTÁRIOS

Figura 3 - Representação esquemática das etapas 1 a 3 de recuperação ambiental.







ETAPAS DO PROJETO A SEREM EXECUTADAS

- 6 – REVEGETAÇÃO DAS MARGENS E PLANÍCIES
- 7 – PLANTIO AGRICULTURA

Figura 5 - Representação esquemática das etapas 6 e 7 de recuperação ambiental.





ETAPAS DO PROJETO A SEREM EXECUTADAS

8 - PLANTIO DE MATA CILIAR

Figura 6 - Representação esquemática da etapa 8 de recuperação ambiental.

Os processos de identificação e avaliação de alternativas e o planejamento integral das ações de recuperação ambiental terão continuidade até 2017. O alongamento do prazo é necessário para a conclusão dos estudos científicos e para a execução das ações prioritárias no período chuvoso de 2016-2017. O prazo proposto tem ainda como vantagem o fato de permitir uma maior participação de órgãos de fiscalização e outros públicos interessados na seleção e análise de alternativas.

O plano integrado será baseado, em grande parte, nos resultados dessas avaliações, mas também terá seções dedicadas aos riscos residuais associados à estabilização das estruturas, à contenção de sedimentos, à clarificação da água e às áreas prioritárias.

## 5.5 Critérios de Desempenho das Ações de Recuperação Ambiental

Os critérios de desempenho das ações de recuperação ambiental no período chuvoso compreendem objetivos específicos para as áreas consideradas prioritárias, incluindo:

- Revegetação de 800 ha em áreas impactadas;
- Elaboração e implementação de um plano de monitoramento do desempenho das medidas de contenção, baseada nos princípios de gestão adaptativa.

- Os critérios de desempenho para o plano integrado ainda serão definidos, mas no Termo de Transação e Ajustamento de Condutada (“TTAC” ou “Acordo”), firmado em 02 de março de 2016, foram apresentados alguns exemplos de possíveis critérios:
- Redução da turbidez para <100 NTU no Gualaxo do Norte até a estação seca de 2019;
- Execução dos compromissos referentes ao abastecimento de água até meados de 2018;
- Gestão do acúmulo de sedimentos no barramento da UHE Risoleta Neves (barragem de Candonga) até o fim de 2016;
- Reabilitação de 2.000 ha até março de 2020;
- Recuperação de 5000 nascentes, sendo 500 por ano ao longo de 10 anos.

Prevê-se que alguns dos critérios acima sejam substituídos por outros mais abrangentes. Por exemplo, objetivo de 100 NTU é, na realidade, reflexo de uma ação mais abrangente de recuperação da qualidade da água e dos recursos hídricos. A definição final dos critérios de desempenho deve ser subsidiada por estudos científicos e pelo monitoramento do desempenho, sendo um elemento central do planejamento integrado.

A Operação Águas do IBAMA traz uma base sólida para a definição dos critérios de desempenho e a Fundação Renova vem considerando estes critérios de desempenho, tanto para o período chuvoso quanto para o longo prazo, sejam desenvolvidos em articulação com os principais públicos interessados.

Além de critérios técnicos, convém também que sejam definidos critérios relacionados a processos para o planejamento integrado. O Acordo traz um exemplo ao referir-se aos planos de recuperação, levando em consideração os benefícios socioeconômicos locais. Outro possível critério relacionado a processos seria que o processo de identificação e avaliação de alternativas tenha total transparência, garantindo tempo e oportunidades para a participação de públicos interessados, que o embasamento científico e técnico seja devidamente detalhado, que os resultados e riscos residuais sejam discutidos com transparência e definidos em comum acordo entre todas as partes e que seja adequadamente previsto o monitoramento e a gestão adaptativa. Em síntese, deve-se fazer uso do tempo disponível para assegurar que todas as questões levantadas na **Seção 2.0** sejam devidamente tratadas.

## 5.6 Documentos de referência da Seção 5.0

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
RT-023_159-515-2282	Avaliação dos Impactos Físicos Associados ao Rompimento da Barragem de Fundão - Relatório Técnico	Golder	julho/16
RT_003-159-515-2282_02-B_PT	Relatório do Plano de Amostragem e Análises (SAP) que descreve as investigações de campo e de laboratório planejadas como parte do estudo de caracterização geoquímica de rejeitos, solos e sedimentos.	Golder	Agosto/16
RT_008-159-515-2282_02-B	Relatório de Trabalho de Campo que descreve as atividades dos trabalhos de campo conduzidos pela Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda (Golder) entre os dias 23 de Janeiro e 12 de Abril de	Golder	Agosto/16

	2016 como parte do Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos (Golder, 2015).		
Anexo A	Lista de amostras coletadas	Golder	Agosto/16
ART_Golder	ART da Empresa Golder Associates	Golder	Maior/16

## 6.0 PREMISSA TÉCNICA QUE EMBASA AS ATIVIDADES DE RECUPERAÇÃO ATUAIS

Esta seção resume a atual compreensão da distribuição dos rejeitos desde a mina até a UHE Risoleta Neves. Estas estimativas variaram ao longo dos últimos nove meses, na medida em que mais dados se tornaram disponíveis. As decisões sobre obras e infraestruturas de emergência tiveram que levar em consideração as informações disponíveis à época.

### 6.1 Distribuição e Volume de Rejeitos

A Tabela 1 e a Figura 7 apresentam um resumo do volume estimado de rejeitos desde a mina até a UHE Risoleta Neves (Candonga) em julho de 2016.

Tabela 1: Resumo das estimativas de volumes de rejeitos depositados até a barragem de Candonga.

Componente	Volumes (Mm <sup>3</sup> )			Descrição	Fonte de Informação
	Nov/2015 (antes do rompimento)	Nov/2016	Diferença (liberado ou acumulado)		
Barragem de Fundão	56,4	12,8	-43,8	Material perdido pelo rompimento e perdas subsequentes	Samarco (topografia)
Barragem de Santarém	7,8	9,8	2,0	Deposição	Samarco (topografia)
Deposição em Santarém a montante de S2A	0,0	0,2	0,2	Deposição	Samarco (topografia)
Deposição em Santarém a montante de S3	0,0	1,3	1,3	Deposição	Samarco (batimetria)
Área de Bento Rodrigues	0,0	0,9	0,9	Deposição	Golder (sondagens)

Componente	Volumes (Mm <sup>3</sup> )			Descrição	Fonte de Informação
	Nov/2015 (antes do rompimento)	Nov/2016	Diferença (liberado ou acumulado)		
Planícies de inundação do Rio Gualaxo do Norte até o Rio Doce	0,0	6,1	6,1	Deposição em planícies de inundação	Golder (sondagens)
Canais do Rio Gualaxo do Norte até o Rio Doce	0,0	2,8	2,8	Deposição no canal	Golder (sondagens)
Reservatório de Candonga	0,0	10,5	10,5	Deposição atrás do barramento	Samarco (batimetria)

**Fundão** – O volume de rejeitos remanescente dentro da estrutura de Fundão é estimado em aproximadamente 12,8 Mm<sup>3</sup>. A Seção 8.2 descreve o estudo que detalha os métodos usados para a estimativa numérica e as mudanças nos volumes desde 5 de novembro de 2015 devido à erosão e à instabilidade.

**Santarém a Bento Rodrigues** – Um grande volume de sedimentos liberado pela mina durante o evento se depositou em Santarém e ao longo das margens do alto Gualaxo do Norte até Bento Rodrigues. O volume é estimado em 12,2 Mm<sup>3</sup>, dos quais 9,8 Mm<sup>3</sup> encontram-se depositados na barragem de Santarém e um total de 1,5 Mm<sup>3</sup> está depositado na área dos diques S1A, S2A e S3. O restante (0,9 Mm<sup>3</sup>) está depositado nos vales, tributários e margens do sistema fluvial.

**Bento Rodrigues a Candonga** – O volume de sedimento depositado a jusante até Candonga é estimado em 8,9 Mm<sup>3</sup>, dos quais aproximadamente 2,8 Mm<sup>3</sup> são considerados como móveis e em transporte ativo. Grandes depósitos de sedimentos encontram-se nas planícies aluviais. A Golder identificou os principais pontos de deposição (documento nº RT-023\_159-515-2282, ver Anexo Seção 5.0).

**Candonga** – A barragem de Candonga serviu como uma grande barragem de contenção, servindo como ponto final para uma grande quantidade de sedimentos transportados pelo rio. Após o evento, o volume de rejeitos é agora de 10,5 Mm<sup>3</sup> (documento nº RT-023\_159-515-2282, ver Anexo Seção 5.0).



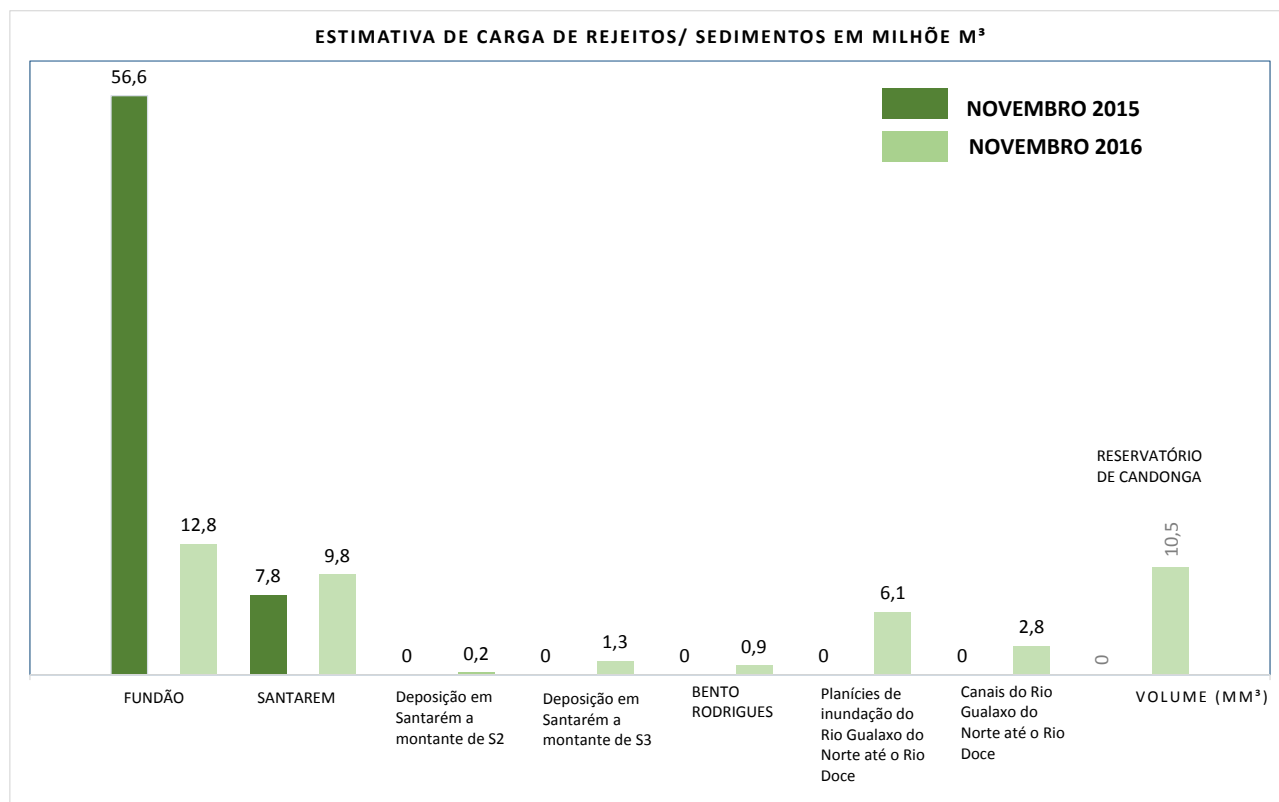


Figura 7: Estimativa de Carga de Rejeitos / Sedimentos em milhões m<sup>3</sup> (Fonte: Golder, RT-023\_159-515-2282, Anexo Seção 5.0).

A Fundação Renova reconhece que parte do sedimento passou por Candonga em razão do evento e posteriormente na forma de cargas suspensas mais finas. A definição de volumes de sedimentos depositados ao longo do rio Doce a jusante de Candonga e oceano não foi considerada neste documento.

## 7.0 AÇÕES PRIORITÁRIAS IMEDIATAS

### 7.1 Foco na Segurança

Imediatamente após o acidente com a Barragem de Fundão, a Samarco iniciou o mapeamento dos impactos nas estruturas remanescentes do Complexo de Germano, tendo em vista que cinco estruturas sofreram impactos (Diques da Sela, Tulipa e Selinha e Barragens de Germano e Santarém). Diante disto, empresas projetistas e consultores externos fizeram diversas inspeções do local e mapearam as ações necessárias para execução dos reforços emergenciais dessas estruturas, possibilitando que as mesmas fossem adequadas às condições prévias e aos parâmetros estabelecidos nas normas técnicas brasileiras. De imediato foram iniciadas as obras.

Buscando reduzir os impactos das chuvas, a Samarco iniciou em dezembro/15 a implantação do sistema de bombeamento da água superficial existente na área da Barragem de Germano, cujo extravasor opera através do Dique da Tulipa e o desague ocorria dentro do Vale do Fundão. O bombeamento foi implantado,

as obras concluídas em fevereiro/16 e o potencial atualmente instalado é de aproximadamente 26.000 m<sup>3</sup>/h. Deste volume, 1700m<sup>3</sup>/h são destinados para o Concentrador II, onde o volume é tratado e lançado no vale do Rio Piracicaba. O restante é lançado à jusante da Barragem de Germano não atravessando, assim, o Vale do Fundão.

A Figura 8 apresenta de forma sumarizada o status das obras de reforço executadas nas estruturas remanescentes do complexo de Germano.



Figura 8: Obras emergenciais de contenção e estabilização realizadas durante o período chuvoso 2015/2016

Todas as estruturas já se encontram com o fator de segurança global acima de 1,5; conforme indicado na Tabela 2.

As condições operacionais das estruturas são avaliadas mensalmente pelas empresas BVP Engenharia e Norwest, sendo os dados apresentados na mesma frequência ao DNPM – Departamento Nacional de Pesquisa Mineral.

Além disso, as empresas Norwest e DAM realizam auditoria independente avaliando as condições operacionais das estruturas.

Uma quarta empresa – AECOM – analisa de forma independente as condições operacionais das estruturas remanescentes e reporta os resultados diretamente ao Ministério Público do Estado de Minas Gerais.

Tabela 2: Fatores de segurança globais das estruturas remanescentes.

ESTRUTURAS		Dezembro/16
SANTARÉM		Não aplicável*
GERMANO		1,76
SELA/TULIPA	SELA	1,59

ESTRUTURAS		Dezembro/16
	TULIPA	1,68
	OMBREIRA COMUM	1,58
SELINHA		1,63

\*Estrutura foi incorporada ao maciço da Barragem Nova Santarém

### 7.1.1 Manejo de Águas Superficiais

De forma a aumentar o controle da contribuição de água das bacias hidrológicas de contribuição no vale das barragens de Germano, Santarém e Fundão provenientes de drenagem (perene ou intermitente) e das chuvas na região, a Samarco implantou o sistema de manejo de águas superficiais. O conceito geral do sistema, objetivos e capacidades são apresentados de forma sumarizada neste capítulo. Maiores informações sobre esta atividade podem ser encontradas no documento “Segurança das Estruturas Remanescentes e Novas Estruturas de Contenção de Sedimentos” (ver anexos Seção 7.2).

Os principais objetivos deste sistema são:

- Desvio de água para facilitar a execução de obras de infraestrutura;
- Redução do carreamento de sólidos para jusante;
- Contribuir para segurança das estruturas remanescentes.

As medidas já implantadas são relacionadas na Figura 9.



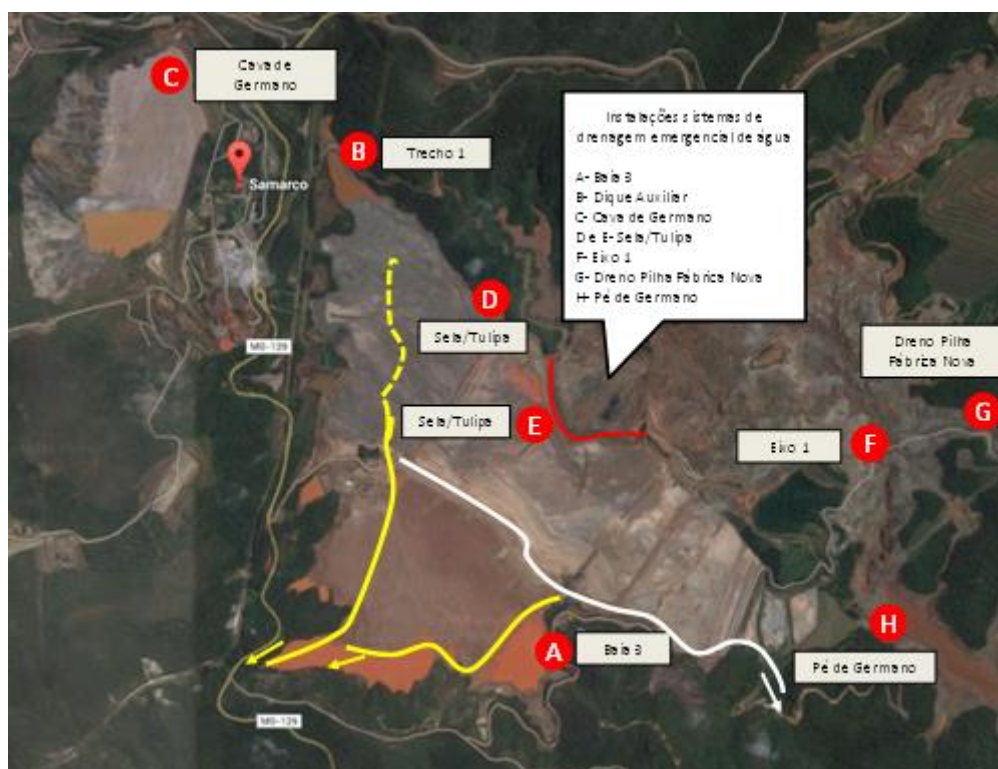


Figura 9: Localização dos bombeamentos implantados – Pontos vermelhos.

## 7.1.2 Sistemas de Emergência

### 7.1.2.1 Sistema de Alerta de Emergência

Imediatamente após o acidente com a Barragem de Fundão, a Samarco iniciou a implantação do Sistema de Emergência para a área de auto salvamento e ao longo da área de abrangência resultantes dos estudos de DAM BREAK entre a unidade de Germano até o município de Barra Longa – MG.

O sistema foi especificado com sirenes de longo alcance (modelo Pavian) atendendo aos requisitos FEMA (Federal Emergency Management Agency's) descritas abaixo:

- Potência sonora para abrangência de até 2.000 metros;
- Potência acústica mínima de 70dB na borda da área de abrangência;
- Possibilidade de emissão de sinais sonoros por tom e alta voz;
- Comunicação com central de comando por dois ou mais meios de comunicação;
- Central de comando com log de dados de acionamento (Vektra);
- Sistema de auto testes das sirenes.



Figura 10: Sirenes de Longo Alcance.

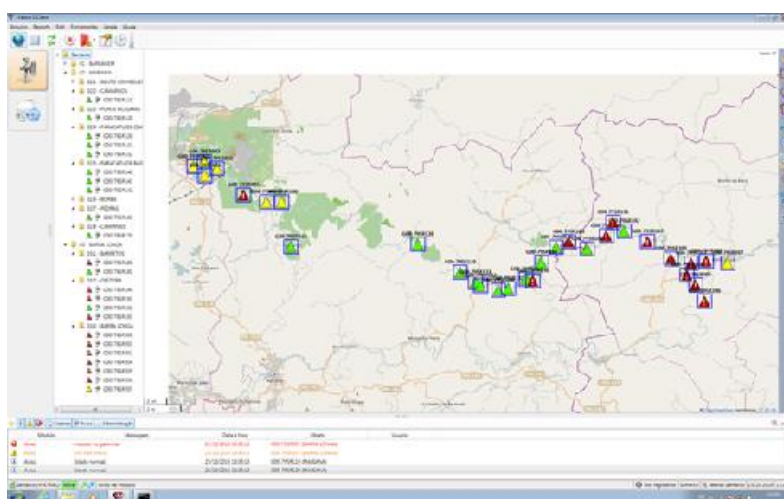


Figura 11: Central de comando com log de dados de acionamento (Vektra).

Para atender as áreas de auto salvamento e as comunidades de Mariana e Barra Longa serão necessário 31 (trinta e uma) sirenes, sendo 5 em áreas de Barragens, 2 em Bento Rodrigues, 1 em Camargos, 1 em Ponte do Gama, 3 em Paracatu de Cima, 3 em Paracatu de Baixo, 1 em Borba, 1 em Pedras, 1 em Campinas, 2 em Barretos, 4 em Gesteira e 7 em Barra Longa.

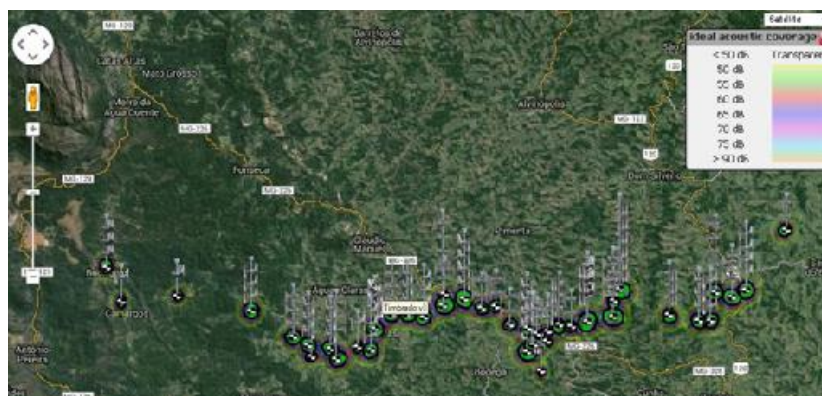


Figura 12: Visão Geral de todas as Sirenes.



Figura 13: Sirenes da Barragem de Germano e Santarém.



Figura 14: Sirenes das Comunidades de Mariana.



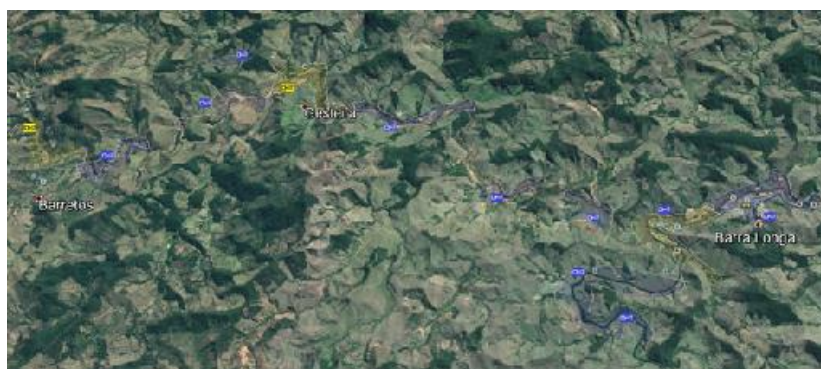


Figura 15: Sirenes das Comunidades de Barra Longa

### 7.1.2.2 Sistema de Alerta Contra Cheias

A Fundação Renova está implantando o sistema de alerta contra cheias na bacia hidrográfica do rio do Carmo, especificamente para as localidades ribeirinhas do rio Gualaxo do Norte e a área urbana da cidade de Barra Longa – MG, que se baseia no conhecimento antecipado da ocorrência de eventos de precipitação, em termos de intensidade e distribuição espacial e temporal, assim como da provável resposta da bacia a esses eventos, em termos de geração de vazões e possíveis inundações em trechos fluviais de interesse.

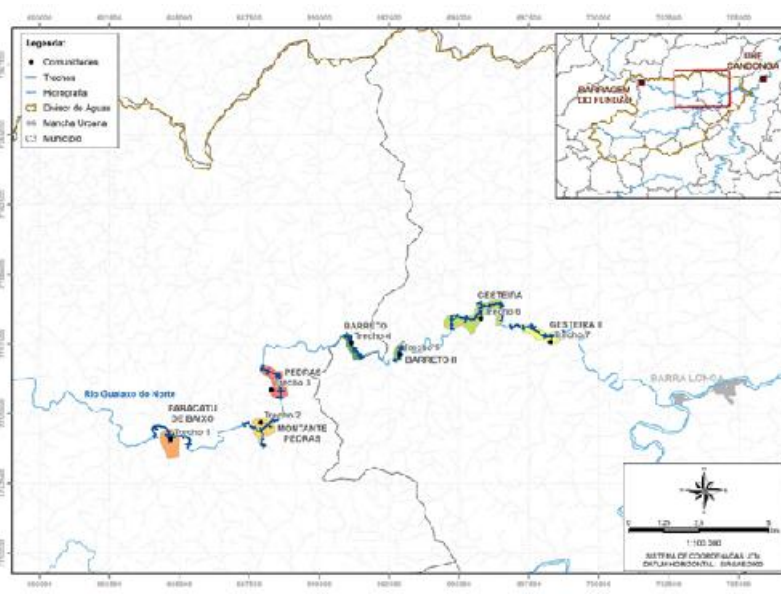


Figura 16: Áreas e trechos fluviais para o sistema de alerta contra cheias.

O sistema será baseado em avaliações qualitativas, considerando as previsões meteorológicas de eventos de precipitação disponibilizadas pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. A partir dessas previsões, será avaliada a possibilidade de se estabelecer sua correlação com dados fluviométricos das estações existentes para previsão preliminar de vazões.

O sistema abrange também uma avaliação da representatividade da rede de monitoramento hidrometeorológico, implantada e operada pela Samarco no domínio da Mina do Germano, para subsidiar

não somente a previsão de cheias, mas também a futura elaboração de estudos relacionados ao potencial de recarga em áreas de interesse hidrogeológico e também de modelos hidrológicos de transformação de chuva em vazão na região de interesse da Fundação Renova.

A rede existente no domínio da Mina do Germano é composta por 5 estações meteorológicas automáticas do tipo Weather-Hawk, 2 pluviômetros do tipo Ville de Paris e 3 estações fluviométricas no rio Piracicaba.

As informações obtidas, tanto nas estações existentes (SAMARCO e rede hidrometeorológica de órgãos oficiais) quanto nas estações a serem implantadas, serão compiladas e tratadas por meio de uma ferramenta de fácil aplicação, que incorpora a visualização de previsões meteorológicas na internet, a visualização de fenômenos de precipitação e as vazões em trânsito ao longo da bacia em tempo real, permitindo aos operadores do sistema correlacionar um determinado estado de vazões em curso a tormentas que poderão induzir a formação de enchentes, de tal forma que seja possível a emissão de alertas à população quanto ao risco de inundações. Em relação as previsões meteorológicas nessa primeira etapa, estima-se que antecedência alcançada para alerta de tempestades seja por volta de 12 a 24 horas. Para as vazões, estima-se que a antecedência alcançada possa ser entre 3 a 5 horas.

A rede hidrometeorológica a ser implantada inicialmente será composta por 5 (cinco) estações linigráficas automáticas e 8 (oito) estações pluviográficas automáticas, com transmissão de dados em tempo real, distribuídas ao longo da bacia do rio do Carmo, além da instalação de seções linimétricas convencionais ao longo da bacia do rio Gualaxo do Norte, nos trechos de interesse indicados na Figura acima. Na medida do possível, serão aproveitadas as instalações existentes da rede oficial da Agência Nacional de Águas – ANA - para otimização dos serviços.



Figura 17: Estação pluviográfica e data logger



Figura 18: Seção limimétrica e sensor de nível automático

### 7.1.3 Dragagem do Reservatório da UHE Risoleta Neves

A dragagem dos sedimentos depositados no reservatório da UHE Risoleta Neves será executada em duas fases. A primeira está sendo conduzida pela Samarco e terá seus objetivos e planejamento apresentados de forma sumarizada neste capítulo. Maiores informações sobre esta atividade devem ser obtidas diretamente com a Samarco, já que essa atividade segue sendo conduzida pela empresa, e não foi transferida para a Fundação.

A finalização da fase 1 consiste em reestabelecer as condições de operação da hidroelétrica, garantir a segurança estrutural do barramento da usina e contribuir para a melhoria da qualidade da água.

As operações de recuperação da UHE Risoleta Neves que estão andamento contemplam as operações de dragagem do reservatório e de construção dos barramentos metálicos. A dragagem está seguindo o cronograma de dragar os sedimentos depositados nos primeiros 400 m a montante do barramento, principal da UHE Risoleta Neves, com uma previsão de remover 1,57 Mm<sup>3</sup> de sedimentos até fev/18. O material está sendo depositado em setores próximos ao reservatório da UHE como solução de curto prazo e como medida de longo prazo o material será disposto na fazenda Floresta., conforme indicado abaixo:

Serão construídos também três barramentos para ajudar na contenção de sedimentos sendo, o primeiro, Barramento A, a ser construído a 400m de distância do barramento principal da UHE, o segundo, Barramento B, a ser construído a 5,1 km de distância e o terceiro, Barramento C, a ser construído a 6,4 km de distância do barramento principal.

A segunda fase de dragagem será conduzida pela Fundação Renova, contemplando dragagens periódicas de manutenção das condições de operação do reservatório. O planejamento das atividades da fase 2 deve ser concluído em maio/17, incluindo as estratégias de dragagens em outras áreas do reservatório, bem como suas destinações que serão estudadas e definidas. Ao todo está prevista a remoção de aproximadamente 10 Mm<sup>3</sup> de sedimentos por meio de dragagem do reservatório da UHE Risoleta Neves ao longo de 6 anos de atividade.

#### 7.1.4 Documentos de referência da Seção 7.1

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
G017860-Y-100012	Arquitetura do Sistema	ECM	Dez/15
G017800-Y-1ET002	Especificação técnica – sistema de comunicação satélite e rádio	ECM	Dez/15
G007900-N-2MD001	Memorial descritivo do Sistema de Alerta de Emergência	Samarco	Out/16
G007900-N-2MD002	Áreas de instalação das Sirenes – Fase 01	Samarco	Ago/16
G007900-N-2MD003	Áreas de instalação das Sirenes – Fase 02	Samarco	Jun/16

## 7.2 Criação de capacidade de armazenamento

Para contenção dos rejeitos remanescentes na área das barragens da Samarco a empresa implantou e está implantando estruturas desde o vale de Fundão até a confluência entre o córrego Santarém e o rio Gualaxo do Norte. Este programa está sendo desenvolvido sob responsabilidade da Samarco e de forma sumarizada, estas estruturas serão identificadas e terão seus objetivos e status de implantação apresentados neste capítulo. Maiores informações sobre esta atividade podem ser encontradas no documento “Segurança das Estruturas Remanescentes e Novas Estruturas de Contenção de Sedimentos” (ver anexos Seção 7.2).

### Eixo 1

O Eixo 1 foi conceituado para contenção dos sedimentos depositados no vale de Fundão, com localização prevista próximo ao antigo eixo da barragem de Fundão.

O projeto da 1ª fase de implantação do dique foi conceitualmente planejado para ser implantado até a elevação 830 m no ano de 2016. Em março de 2016, foram iniciados os trabalhos de remoção dos rejeitos no local de implantação da barragem. Em função do pouco prazo para execução da Fase I deste Dique, considerando as restrições do período chuvoso, foi definido iniciar a limpeza de fundação ainda sem todas as informações da campanha de sondagem. Com base nos resultados iniciais de sondagem, foi estimado um volume de limpeza de fundação de 250.000 m<sup>3</sup>. Com o avanço das sondagens e observação das condições locais do solo, foram detectados os seguintes problemas e respectivas consequências:

- Volume de limpeza de fundação: à medida que a limpeza de fundação avançava e eram concluídas as sondagens foi necessário proceder uma revisão do projeto, o que elevou o volume de

escavação previsto dos 250.000 m<sup>3</sup> para valores superiores a 700.000 m<sup>3</sup>. Como consequência desse aumento expressivo no volume de limpeza de fundação, houve um atraso no cronograma de cerca de 45 dias;

- Identificação de trincas nas ombreiras e solo: próximo do término da limpeza de fundação, foram identificadas trincas no solo e na ombreira esquerda no local previsto para construção da barragem. Isso só foi possível observar após realização da limpeza, ou seja, retirada da lama. Desta forma, seria necessário um tratamento da fundação e da ombreira esquerda, antes de iniciar a construção da barragem. Os prazos para realizar este tratamento eram muito grandes, inviabilizando a execução da obra ainda este ano. Desta forma, foi definido como melhor alternativa técnica deslocar o eixo da Barragem em cerca de 50 m á montante da posição inicial. Nesta nova posição, o volume de aterro necessário para construção da barragem aumentou cerca de 44,5%, ou seja, 246.000 m<sup>3</sup> a mais do que planejado inicialmente. Como consequência deste aumento, tornou-se inviável a conclusão do Eixo I na elevação 830 m em 2016, definindo-se então como meta a sua construção na elevação 820 m;

- Baixa disponibilidade de material argiloso: com o aumento do volume de aterro do Eixo I, foi necessário a obtenção de maior quantidade de material argiloso. Em função da construção simultânea do Eixo I e da Nova Barragem de Santarém, ambas em solo compactado, tornou-se difícil alimentar as duas obras com material argiloso no ritmo necessário, considerando-se as restrições de quantidade e qualidade das jazidas de argila disponíveis;

Diante fatos descritos acima, foi definido como melhor solução a paralização da construção do Eixo I na elevação 789 m, de forma a priorizar a utilização da argila disponível para construção da Nova Barragem de Santarém, uma vez que esta estrutura tem maior capacidade de contenção de rejeitos no curto prazo, tornando-se assim prioritária na estratégia de contenção dos rejeitos do Vale do Fundão.

De toda forma, a construção do Dique Eixo 1, no próximo período seco se torna relevante, principalmente para o médio e longo prazo, mitigando de forma definitiva a possibilidade de descidas de lama/rejeitos no vale do Fundão. Para isto, foi construída uma proteção da enseadeira e um canal de desvio para evitar danos às estruturas. A primeira fase de implantação da estrutura está prevista para ser concluída em 2017. Ainda em 2016 foram implantadas 4 barreiras a montante da enseadeira do Eixo 1, que atuarão como dispositivos para quebra de energia dos materiais provenientes de eventuais deslocamentos no vale de Fundão. Estas estruturas, denominadas barreira seção 1, 2, 3 e 4 estão implantadas em braços do vale de Fundão, com capacidade de reserva limitada e expectativa de que sejam assoreadas ao longo do tempo até ficarem totalmente cobertas pelos rejeitos e/ou submersas pelo reservatório do Eixo 1.

### **Nova Barragem Santarém**

Planejada para ser construída à jusante da antiga Barragem de Santarém, terá capacidade de reter 7 Mm<sup>3</sup> (ao atingir a elevação de 770m).

A Nova Barragem Santarém realizará a contenção total dos sedimentos remanescentes no vale de Santarém e a clarificação da água que verterá para jusante.

As obras para implantação da primeira etapa do projeto da Nova Barragem de Santarém utilizando blocos com finos até a elevação 765 m foram finalizadas, sendo iniciada a formação do lago do reservatório.



### **Segundo Alçamento do Dique S3**

O Dique S3 foi implantado em fevereiro/16 a jusante da barragem de Santarém e a montante da comunidade de Bento Rodrigues. O segundo alçamento do Dique S3 foi concluído em novembro/16, aumentando a capacidade total de retenção para 2,9 milhões de m<sup>3</sup>.

Concebido para minimizar o carreamento de sedimentos da área das barragens para o meio ambiente e melhorar a qualidade da água que verte para o rio Gualaxo do Norte, o dique S3 fez com que a Samarco conseguisse adequar os efluentes provenientes do vale do Fundão em relação aos índices normativos de turbidez e também a contenção de sólidos depositados a montante dessa estrutura.

### **Dique S4**

O dique S4 está sendo implantado próximo à confluência do córrego Santarém e o rio Gualaxo do Norte, a jusante de Bento Rodrigues. A estrutura que terá capacidade de retenção de 1,05 Mm<sup>3</sup> teve a sua altura planejada de forma a evitar o alagamento das ruínas da comunidade de Bento Rodrigues, que serão preservadas.

O principal objetivo do dique S4 é evitar o carreamento dos sedimentos depositados na planície de Bento Rodrigues para o rio Gualaxo do Norte. A estrutura também atuará como uma última barreira para contenção de sedimentos caso ocorra o carreamento de rejeitos dos vales de Fundão e Santarém para jusante do dique S3 no período chuvoso.

As obras para implantação do dique S4 encontram-se em andamento, com conclusão prevista para janeiro/17. Após o cumprimento dos objetivos esperados para o dique S4 o mesmo será descomissionado, permitindo a recuperação ambiental da área no entorno das ruínas de Bento Rodrigues.

#### **7.2.1 Documentos de referência da seção 7.2**

<b>DOCUMENTO</b>	<b>NOME DO DOCUMENTO</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>DATA</b>
Segurança das Estruturas Remanescentes e Novas Estruturas de Contenção de Sedimentos	Memorial descritivo das atividades realizadas pela Samarco e em andamento com foco na segurança das estruturas remanescentes e contenção de rejeitos	Samarco	Dez/16

### **7.3 Ações emergenciais para a Estabilização e controle de erosão**

Com o objetivo de estabilizar os sedimentos depositados na calha dos rios impactados pelo evento ocorrido na barragem de Fundão, a Samarco, sob orientação de empresas de consultoria especializadas, como a Golder Associates, executou e vem executando diversas ações que são apresentadas em detalhes nos capítulos seguintes.

### 7.3.1 Afluentes/Tributários

Em dezembro de 2015, a Golder Associates realizou uma avaliação inicial do cenário resultante do rompimento e desenvolveu um plano de recuperação adaptativo. Esse plano, atualmente sendo cumprido pela Samarco, identificou as ações iniciais para mitigar os impactos identificados e uma destas ações iniciais é a recuperação das calhas dos córregos tributários impactados pelo evento.

A recuperação ambiental dos córregos tributários envolve basicamente: a limpeza dos tributários, incluindo a remoção dos rejeitos presentes na calha destes cursos de água; e a reconstrução da seção de escoamento, tomando como base métodos de bioengenharia adequados para cada tributário, incluindo a proteção de margens para evitar novos aportes de solo e sedimentos aos cursos de água.

É importante ressaltar que todas as intervenções realizadas nos tributários até o momento se restringem à fase 1 do processo de recuperação ambiental, que é a estabilização física da área, com foco em controle de erosão. As questões relativas ao componente biológico como biodiversidade, reflorestamento e retorno da fauna serão abordadas na próxima etapa do programa de recuperação ambiental (em atendimento à cláusula 159 do TTAC, que consta sobre o reflorestamento final de 2000ha).

Todo o sedimento depositado nas calhas e margens dos córregos tributários, se não removido ou estabilizado, tende a retornar aos cursos d'água principal contribuindo para elevação do nível de turbidez da água e aporte de sólidos ao curso dos rios principais. Portanto, é necessário realizar intervenções de modo a limpar as calhas destes tributários ou estabilizar os rejeitos ali depositados, reduzindo o volume de sedimentos carregados para os cursos d'água.

#### 7.3.1.1 Estudo de Alternativas

Antes de avaliar as opções de recuperação, foi necessário conhecer a extensão da área e caracterização do impacto do rompimento da barragem. Os afluentes afetados foram mapeados usando GIS com base nas imagens do levantamento aéreo feito após o rompimento fornecidas pela Samarco. No total, 73 áreas foram mapeadas e destas 55 foram selecionadas como prioritárias para recuperação a curto prazo. Atualmente, a Samarco tem mapeado um total de 101 tributários, sendo que 4 deles não possuem acesso, e se considerou que, em razão da necessidade de criar esses acessos, o impacto da intervenção superaria os benefícios advindos da atividade. A empresa Golder fez um estudo explicando os benefícios e malefícios de se recuperar estes tributários inacessíveis, apresentado nos anexos da **seção 7.3.1**.

Os afluentes impactados que foram selecionados como prioritários para o trabalho imediato de desenvolvimento de projeto de recuperação e construção são localizados ao longo do Córrego Santarém, Rio Gualaxo do Norte, e Rio do Carmo.

Os tipos de recuperação avaliados são métodos que podem ser combinados com o caso base, ou, se for viável, podem ser alternativas para o caso base. Cada local tem uma caracterização de impacto *sui generis*. Portanto, durante a construção, cada local será avaliado caso a caso e será feita uma adaptação no campo aplicando um método adequado de recuperação.

Para avaliar as alternativas de recuperação ambiental dos tributários foram considerados os objetivos do plano de recuperação ambiental, que incluem:

- **Objetivo 1**, minimizar o volume de rejeitos depositados que migram para os rios principais, e,
- **Objetivo 2**, restaurar os valores do habitat para uma condição comparável com a que existia antes do rompimento da barragem.

A Golder estudou 21 alternativas de revestimento ou proteção das calhas dos tributários. As alternativas avaliadas são relacionadas abaixo e incluem uma combinação de métodos tradicionais de engenharia (ex: enrocamento), bioengenharia (ex: revegetação) e materiais geossintéticos (ex: geogrelhas).

Os tipos de recuperação avaliados são relacionados abaixo e incluem uma combinação de métodos comprovados e métodos alternativos de bioengenharia, segundo Li & Eddlemen (2002). Com isso, foram definidas 12 sessões típicas a serem adotadas na recuperação dos tributários. A Figura 19 e a Figura 20 ilustram os desenhos esquemáticos de cada sessão típica.

**Tipo A: Rock Armouring/ enrocamento** — O uso de pedra para proteção e estabilização de margens é uma solução com resultados comprovados, amplamente utilizada no Brasil (Brighetti 2001) e ao redor do mundo (USACE 1994; Baird & Fotherby 2015). Essa opção também se baseia na experiência bem-sucedida da Golder, principalmente a partir da recuperação ambiental após o rompimento da barragem de rejeitos de Mount Polley em agosto de 2014, no Canadá.

**Tipo B: Live Stakes / estacas vivas** — Essa opção envolve o estaqueamento de estacas vivas com raízes ou galhos nas margens do curso d'água. A erosão da margem vai diminuir graças ao crescimento das raízes que agregam os solos das margens e uma vegetação estabelecida na superfície que vai reduzir a energia do fluxo.

**Tipo C: Live Fascines / rolos de galhos** — Essa opção envolve estacas vivas com raízes ou galhos cortados que são amarrados em fardos cilíndricos e inseridos nas margens do curso d'água em valetas rasas, que são instaladas de modo perpendicular à inclinação da margem, e atuam como barragens de contenção reduzindo a velocidade do escoamento laminar na encosta.

**Tipo D: Brush Layering / camadas de galhos** — Essa opção envolve estacas vivas de espécies arbustivas amarradas juntas, instaladas de forma parcialmente sobreposta entre camadas de solo. Essa colocação sobreposta de galhos e solo corre perpendicularmente à inclinação da margem. Os galhos que despontam para fora da superfície da encosta aumentam a rugosidade e reduzem a velocidade de escoamento.

**Tipo E: Branchpacking / empacotamento de galhos** — Essa opção utiliza uma combinação de *brushlayering* fixado nas margens do curso d'água com estacas de madeira, colocadas entre camadas de aterro compactado. Essas camadas de galhos/mato e aterro compactado correm perpendicularmente à encosta. Essa opção é mais indicada para áreas diretas de depressões nas margens do curso d'água.

**Tipo F: Vegetated Geogrid / geogrelha vegetada** — Essa opção envolve a criação de camadas de estacas vivas intercaladas com camadas de terra envolvidas em geotêxteis naturais ou sintéticos. Camadas múltiplas são colocadas perpendiculares à encosta.

**Tipo G: Live Cribwall / cribwall viva** — Essa opção envolve a colocação de toras/mourões sem tratamento em estruturas intertravadas formando caixotes, ao longo do pé da margem do curso d'água. As estruturas tipo caixote são preenchidas com camadas de material de aterro adequado junto com estacas vivas com raízes, estendendo para dentro da margem.

**Tipo H: Joint Planting / enrocamentos plantados** — Essa opção é uma combinação de enrocamento com estacas vivas colocadas nas juntas ou aberturas para permitir o restabelecimento da vegetação.

**Tipo I: Brushmattress / colchão de biomanta** — Essa opção envolve estacas vivas e galhos instalados paralelamente à direção do caimento do talude da margem, para formar um colchão. Este colchão pode ser afixado com ancoras ou grampos. As estacas vivas e galhos são chavetados no pé da encosta da margem em valeta rasas revestidas com pedras.

**Tipo J: Tree Revetment / revestimento de arvores** — Essa opção envolve amarrar arvores mortas inteiras e ancorá-las no pé da margem.

**Tipo K: Log and Rootwad Revetment / revestimento com troncos e chumaço de raízes** — Essa opção promove o estabelecimento de habitats de animais silvestres e peixes através da ancoragem de toras e chumaços de raízes no pé da encosta da margem.

**Tipo L: Dormant Post-Plantings / dormentes vivos** — Essa opção envolve a colocação de dormentes vivos na encosta da margem em uma configuração organizada, cobrindo toda a superfície.

**Tipo M: Coconut Fibre Rolls / rolos de fibra de coco** — Essa opção envolve o uso de fibras naturais de cascas de coco amarradas com um barbante feito de fibra de coco para formar um objeto cilíndrico. Os rolos são ancorados ou estaqueados no pé interno da margem do curso d'água.

**Tipo N: Coconut Matting / mantas de fibra de coco** — Essa opção envolve o uso de materiais orgânicos biodegradáveis e ajuda o estabelecimento de vegetação nas encostas das margens ou no leito dos riachos. A manta é feita de fibra de coco costurada com uma rede de polipropileno.

**Tipo O: Geotextile Tubes (Geotubes) – tubos de geotêxtil** — Essa opção envolve tubos feitos de material geotêxtil preenchidos com sedimentos. Os tubos são colocados em paralelo à direção do fluxo ao longo do curso d'água, seja no alto da margem ou então no pé da encosta da margem. Os tubos podem ser empilhados para fornecer maior profundidade de proteção contra erosão ou cobertos com aterro para permitir o estabelecimento de vegetação.

**Tipo P: Soil Cement Bags / sacos com solo cimento** — Essa opção envolve uma combinação de uma mistura de terra seca (ou rejeitos depositados) com cimento, colocada em um saco geotêxtil de poliéster com proteção UV, ou solução similar. Os sacos com solo cimento ficarão curados e praticamente virarão pedra. Os sacos são colocados manualmente e empilhados nas encostas da margem para proteção contra erosão.

**Tipo Q: Gabions / gabiões** — Essa opção envolve o uso de gaiolas de tela de aço preenchidas com pedras e colocadas uma junto da outra para criar um colchão cobrindo grandes áreas da margem da encosta que necessitam de proteção contra erosão. Os gabiões são uma opção robusta para proteção contra erosão e comportam um recalque diferenciado.

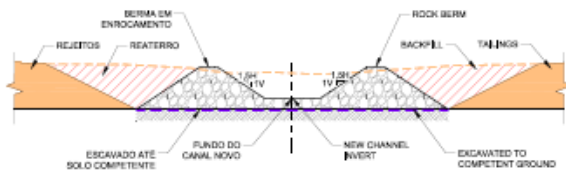
**Tipo R: Geocell / geocélula** — Essa opção é versátil e oferece diversas configurações para proteção contra erosão. Uma configuração usa geotêxtil de fibra de polipropileno ou polietileno moldado em formato

de colmeia, criando um sistema de confinamento celular que tem condições de cobrir a superfície toda da encosta da margem. O material de preenchimento pode variar, desde brita a solos nativos.

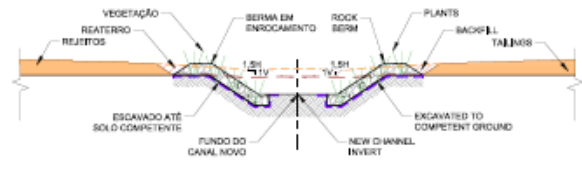
**Tipo S: Elastomeric Polymer Spray / jateamento com polímero elastomérico** — Essa solução envolve uma mistura de uma proporção pré-determinada de componentes de polímero e endurecedor. A solução é jateada dentro de uma superfície escavada aberta, comparável a uma superfície de curso d'água, e cria uma superfície consolidada e impermeável.

**Tipo T: Planting / plantio** — Essa opção envolve o plantio de grama ou outra vegetação para estabilizar o solo da margem. O uso de grama Vetiver foi considerado, por ser um tipo de grama perene com um sistema de enraizamento profundo que ajuda a estabilizar as margens. A grama pode ser plantada em leiras ao longo da encosta da margem, o que restringe o movimento do solo e detritos nas encostas durante enchentes, e aos poucos cria uma barreira de terra.

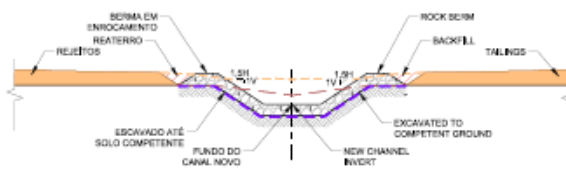
**Tipo U: Subaqueous Caps / coberturas submersas** — Essa opção fornecer uma barreira composta de solo e/ou qualquer outro material especificado colocado por cima de resíduos ou rejeitos, impedindo que os mesmos se espalhem mais amplamente no ambiente ao redor.



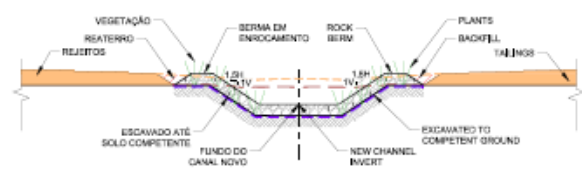
SEM ESCALA 1 **OPÇÃO 1: ENROCAMENTO - BERMAS**



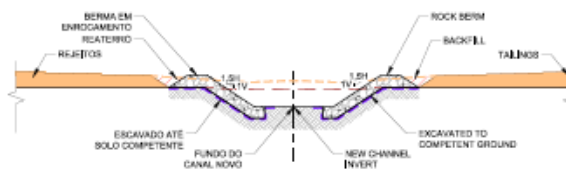
SEM ESCALA 4 **OPÇÃO 4: ENROCAMENTO E VEGETAÇÃO - MARGEM E PÉ**



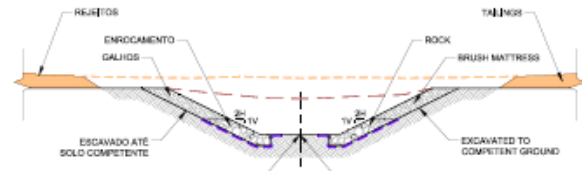
SEM ESCALA 2 **OPÇÃO 2: ENROCAMENTO - MARGEM E COLCHÃO**



SEM ESCALA 5 **OPÇÃO 5: ENROCAMENTO E VEGETAÇÃO - MARGEM E COLCHÃO**

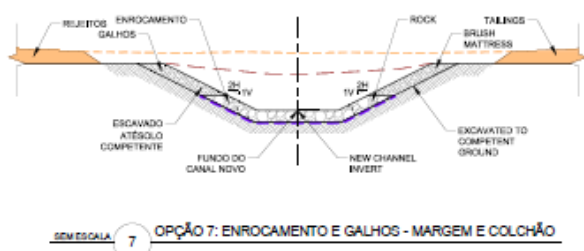


SEM ESCALA 3 **OPÇÃO 3: ENROCAMENTO - MARGEM E PÉ**

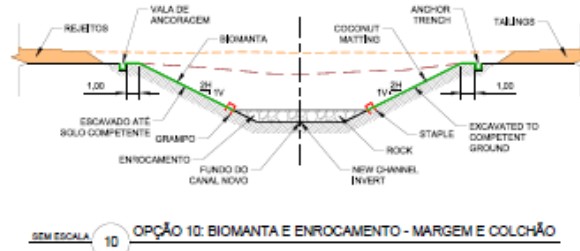


SEM ESCALA 6 **OPÇÃO 6: ENROCAMENTO E GALHOS - MARGEM E PÉ**

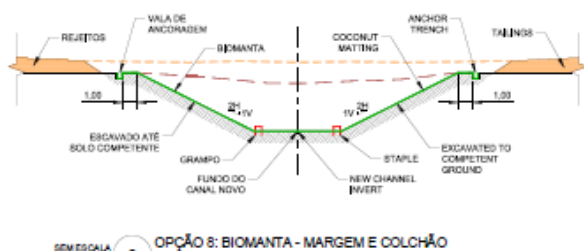
Figura 19: Opções típicas de bioengenharia – Opções 1 a 6 (Golder Associates - G006900-C-100024\_R-01, ver Anexo Seção 7.3).



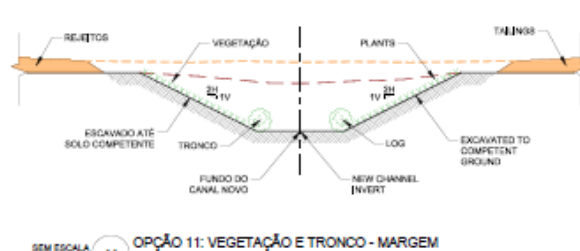
SEM ESCALA 7 OPÇÃO 7: ENROCAMENTO E GALHOS - MARGEM E COLCHÃO



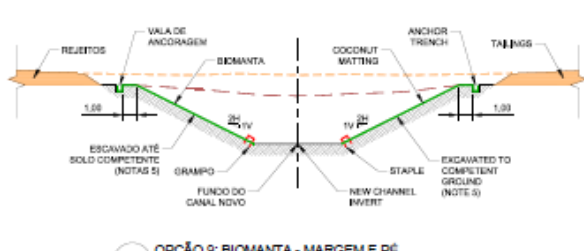
SEM ESCALA 10 OPÇÃO 10: BIOMANTA E ENROCAMENTO - MARGEM E COLCHÃO



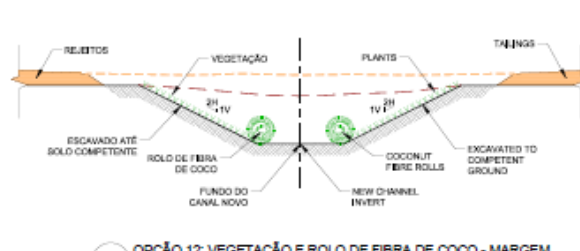
SEM ESCALA 8 OPÇÃO 8: BIOMANTA - MARGEM E COLCHÃO



SEM ESCALA 11 OPÇÃO 11: VEGETAÇÃO E TRONCO - MARGEM



SEM ESCALA 9 OPÇÃO 9: BIOMANTA - MARGEM E PÉ



SEM ESCALA 12 OPÇÃO 12: VEGETAÇÃO E ROLO DE FIBRA DE COCO - MARGEM

Figura 20: Opções típicas de bioengenharia – Opções 7 a 12 (Golder Associates - G006900-C-100025\_R-01, ver Anexo Seção 7.3).

As vantagens e desvantagens de cada tipo são comparadas com os critérios adotados na tomada de decisão, inclusive os dois principais objetivos do plano de recuperação ambiental, bem como a construtibilidade. A avaliação está apresentada da seguinte forma:

- Verde indica que o tipo de recuperação é preferido para um dado critério, ou então que as vantagens são maiores do que as desvantagens.
- Laranja indica que um tipo de recuperação é aceitável e/ou viável, mas não é o mais recomendável para um dado critério, ou então que as desvantagens e vantagens não fornecem uma comparação decisiva.
- Vermelho indica que o tipo de recuperação não é aceitável ou viável para um dado critério, ou então que as desvantagens da opção são maiores do que as vantagens.

Cada tipo de recuperação é avaliado na Tabela 3. Já que todos os tipos de recuperação foram avaliados aplicando o método acima, os tipos preferidos foram comparados com a adequação geral ao plano de recuperação ambiental.





reparar, restaurar, reconstruir

Tabela 3: Avaliação de opções de recuperação

<b>Crítérios</b>	<b>Recuperação do habitat de peixes</b>	<b>Proteção contra erosão</b>	<b>Construtibilidade</b>
<b>Tipo A: Enrocamento, rip-rap</b>	Fornecer uma sólida fundação para a construção de componentes favorecendo o habitat de peixes no leito do canal.	Solução comprovadamente eficaz globalmente para proteção contra erosão de cursos d'água	Colocação rápida e fácil com equipamento de construção.
<b>Tipo B: Estacas vivas</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio.	Proteção adequada contra erosão uma vez que a vegetação tenha se estabelecido. Entretanto, não fornece nenhuma proteção contra erosão até que a vegetação se estabeleça.	Fácil de instalar com mão de obra manual.
<b>Tipo C: Rolos de galhos</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio	Proteção adequada contra a erosão uma vez que a vegetação se estabeleça na encosta da margem. Os rolos de galhos atuam como pequenas barragens de contenção e interrompem as superfícies da encosta, reduzindo a velocidade de escoamento laminar. Entretanto, não fornece nenhuma proteção contra erosão até que a vegetação se tenha estabelecido.	Causa uma mínima perturbação no local se instalado corretamente na encosta da margem, já que as valetas são rasas.
<b>Tipo D: Brush Layering/ camadas de galhos</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio	Fornecer proteção contra erosão imediatamente após instalação, já que as estacas vivas despontam da encosta da margem. A velocidade de escoamento laminar é reduzida através do aumento da rugosidade na encosta.	Mais adequado para preenchimento de encostas. Se construídos em uma encosta de corte, o grau de perturbação é grande. Camadas múltiplas de estacas vivas e camadas de solo podem exigir mão de obra intensiva.



Critérios	Recuperação do habitat de peixes	Proteção contra erosão	Construtibilidade
<b>Tipo E: Branchpacking/empacotamento de galhos</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida em áreas localizadas onde instalada. Entretanto, a instalação visa a recuperação de depressões existentes, e não seria uma solução contínua ao longo do curso d'água inteiro	Bom método para reforçar o solo somente em áreas localizadas (buracos e depressões existentes, por exemplo). Não é usado diretamente para proteção contra erosão como abordagem proativa, por ser mais de uma natureza reativa.	Instalação razoavelmente simples. O equipamento de movimentação de terra precisa ser constantemente móvel devido a áreas selecionadas para construção.
<b>Tipo F: Geogrelha vegetada</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio	Boa proteção contra erosão imediatamente após a instalação, fornecendo estabilidade a longo prazo. Adequado para proteção do pé da encosta e para curvas externas onde são esperadas altas velocidades de fluxo.	Acessibilidade de equipamento de construção para movimentação de solo pode ser limitada. Camadas múltiplas de geogrelhas vegetadas exigem mão de obra intensiva.
<b>Tipo G: Cribwall viva</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e oferece suficiente espaço para esconderijo de peixes devido ao arranjo intertravado tipo caixote.	Boa proteção contra erosão imediatamente após a instalação, fornecendo estabilidade a longo prazo. Adequado para proteção do pé da encosta e para curvas externas onde são esperadas altas velocidades de fluxo.	A construção pode ser complexa, exigindo mão de obra intensiva para o arranjo de intertravamento.
<b>Tipo H: Enrocamentos plantados</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio	Boa proteção contra erosão imediatamente após a instalação, aumentando com o estabelecimento da vegetação.	Colocação fácil e rápida com equipamento de construção (pedra) e mão de obra manual (plantio).

<b>Critérios</b>	<b>Recuperação do habitat de peixes</b>	<b>Proteção contra erosão</b>	<b>Construtibilidade</b>
<b>Tipo I: Colchão de biomassa</b>	Fornece boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio.	Boa proteção contra a erosão imediatamente após instalação. Eficaz em declives 2H:1V ou menos, e capta sedimentos na encosta da margem durante chuvas.	Colocação fácil e rápida com mão de obra manual e equipamento de construção de pequeno porte.
<b>Tipo J: Revestimento de arvores</b>	Fornece boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural no pé do canal	Protege o pé do canal, e fornece boa proteção contra a erosão imediatamente após instalação. O revestimento com arvores terá uma vida útil limitada, e pode ficar degradado ao longo do tempo.	Colocação fácil e rápida com mão de obra manual e equipamento de construção de pequeno porte.
<b>Tipo K: Revestimento com troncos e chumaços de raízes</b>	Fornece boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural dentro do canal	Instalado aos poucos, de forma que a proteção do canal não é contínua. As toras e chumaços de raízes possuem vida limitada, e podem ficar degradados ao longo do tempo.	Colocação fácil e rápida com mão de obra manual e equipamento de construção de pequeno porte.
<b>Tipo L: Dormentes vivos</b>	Fornece boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio.	Proteção adequada contra a erosão uma vez estabelecida a vegetação. Entretanto, fornece pouquíssima proteção contra a erosão antes do estabelecimento da vegetação.	Fácil de instalar com mão de obra manual
<b>Tipo M: Rolos de fibra de coco</b>	Fornece boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural na parte inferior da várzea. O sedimento que desce pela encosta da margem é captado e permite que a vegetação se estabeleça.	Protege o pé do canal, e capta rejeitos depositados e sedimentos que descem a encosta com a chuva e ajuda no estabelecimento da vegetação.	Fácil de instalar, e causa pouquíssima perturbação local

Critérios	Recuperação do habitat de peixes	Proteção contra erosão	Construtibilidade
<b>Tipo N: Mantas de fibra de coco</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural na parte inferior da várzea. O sedimento que desce pela encosta da margem é captado e permite que a vegetação se estabeleça.	Capta rejeitos depositados e sedimentos que descem a encosta com as chuvas e ajuda no estabelecimento da vegetação	Fácil de instalar, e causa pouquíssima perturbação local
<b>Tipo O: Tubos de geotextil (Geotubes)</b>	Não é suficiente como método isolado para estabelecer vegetação na área do pé da encosta para recuperar o habitat dos peixes. Precisa ser combinado com outro método para atender os objetivos estabelecidas de recuperação de habitat.	Fornecer boa proteção contra erosão e atua como uma boa barreira física ao transporte de rejeitos depositados e sedimentos que descem a encosta.	Exige equipamento pesado para fazer as valas e aterro e colocação dos tubos preenchidos na base da vala. O preenchimento hidráulico dos tubos aumenta o tempo de construção. Acesso e mobilidade de equipamento podem ser restritos.
<b>Tipo P: Sacos com solo cimento</b>	As características sintéticas do cimento podem potencialmente alterar o pH do curso d'água, o que pode resultar na perda de vida aquática. A superfície lisa não fornece condições adequadas para o estabelecimento do crescimento de vegetação. Os sacos também vão sofrer erosão ao longo do tempo e poluir o curso d'água. Maiores detalhes podem ser encontrados no <i>Soil Cement Technical Memorandum</i> (Golder 2016C).	Uma vez curado, fornece uma técnica robusta e estruturalmente estável para proteção contra erosão. Entretanto, os sacos empilhados de solo cimento possuem pouca flexibilidade e baixa resistência contra tração.	Apesar de fácil de instalar uma vez que os sacos estiverem preenchidos e fechados, demanda mão de obra intensiva para costurar os sacos no local se for preciso, preencher os sacos com rejeitos e cimento, e costurar os sacos para fechar, além de empilhar na zona do pé.

<b>Critérios</b>	<b>Recuperação do habitat de peixes</b>	<b>Proteção contra erosão</b>	<b>Construtibilidade</b>
<b>Tipo Q: Gabiões</b>	Fornecer condições marginais para a recuperação do habitat de peixes. Entretanto, o uso de pedras menores reduz os vazios usados como esconderijo para peixes, e frequentemente não permite o estabelecimento de vegetação.	Fornecer proteção robusta e estruturalmente estável contra erosão imediatamente após sua instalação, principalmente ao redor de curvas externas dos cursos d'água. Entretanto, a durabilidade das gaiolas de arame é questionável durante tempestades de maior intensidade e com o decorrer do tempo.	Exige equipamento de construção para instalação (por ex. içamento mecânico, colocação de preenchimento com pedras). A questão de acesso pode ser um problema. Exige mão de obra muito intensiva.
<b>Tipo R: Geocélulas</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes quando a vegetação se estabelece no material de preenchimento de solo dentro das células. Precisa ser estendido para a parte baixa da área inundável.	Fornecer proteção adequada contra erosão imediatamente após a instalação para a encosta da margem. A proteção aumenta à medida que a vegetação se estabelece.	Exige equipamento de construção pesado (por ex. içamento mecânico, valas para ancorar.). O acesso pode ser um problema. Mão de obra intensiva para mobilização e ancoragem ao longo da encosta da margem.
<b>Tipo S: Spray de polímero elastomérico (Diamondguard)</b>	A superfície lisa não fornece condições adequadas para o estabelecimento do crescimento de vegetação	É comparável com geomembrana já que atua como uma camada impermeável com bom alongamento e propriedades de alta resistência a tração. Altamente eficaz na proteção contra erosão.	Construção teria que ser feita por técnicos treinados. Problemas potenciais com aplicação dependendo das condições climáticas (por ex. chuvas, ventanias).
<b>Tipo T: Plantio (e.g., grama Vetiver)</b>	Fornecer boas condições para a restauração do habitat dos peixes devido ao material natural e a vegetação estabelecida nas margens do rio.	Uma vez que as raízes estejam bem profundas e se formem cercas vivas, é uma boa forma de proteção contra erosão. Os rejeitos depositados e o movimento de sedimentos descendo a encosta serão retidos pelas cercas	Fácil colocação com mão de obra manual.

Critérios	Recuperação do habitat de peixes	Proteção contra erosão	Construtibilidade
		vivas e impedidos de entrarem no curso d'água.	
<b>Tipo U:</b> <b>submersa</b>	<b>Cobertura</b> <p>Fornece condições ideais para a recuperação do habitat dos peixes já que a camada superior estaria provida de material natural para promover bioturbação. Entretanto, a bioturbação (da camada de vegetação) na cobertura submersa fica acima da camada revestida. Consequentemente, o risco de lavagem/remoção de bioturbação é provável durante eventos mais significativos devido à limitação do estabelecimento de raízes profundas. Isto pode destruir um habitat de peixes que já se teria formado.</p>	<p>Forma eficaz de conter os rejeitos depositados e os sedimentos, já que fornece um isolamento físico.</p>	<p>O prazo para construção pode ser longo com a colocação e gerenciamento de camadas sequenciais. Exige um sistema de gestão de água. Mais aplicável para grandes áreas abertas. Acessibilidade a cursos d'água pode ser complicada.</p>



Mapeados os tributários e definidas as alternativas de recuperação, para cada tributário foi delimitada a bacia de contribuição e foram calculadas as vazões de projeto. O método de cálculo das vazões de projeto variou conforme a área de contribuição da seguinte forma: racional ( $A < 1 \text{ km}^2$ ), racional modificado ( $1 \text{ km}^2 < A < 10 \text{ km}^2$ ), HEC-HMS ( $10 \text{ km}^2 < A < 70 \text{ km}^2$ ) e regionalização de vazões ( $A > 70 \text{ km}^2$ ). Com base nas vazões de projeto e em levantamentos de campo feito para cada tributário, foi realizado o dimensionamento da seção hidráulica do tributário.

O cálculo leva em conta o tamanho e forma da seção, a declividade do canal e a rugosidade. Foram elaborados os projetos de recuperação para cada tributário que consistiram em desenhos de planta e perfil e de seções típicas. Estes projetos foram protocolados pela Samarco nos órgãos competentes para obtenção da autorização para realização das obras. Iniciada a obra, em caso de mudança nas condições de campo decorrentes dos trabalhos de limpeza do canal, por exemplo, o acompanhamento técnico de obra (ATO) sugere otimizações na seção de projeto. Tais otimizações são verificadas (os cálculos são refeitos) e, caso viáveis, implantadas.

### 7.3.1.2 Resultados Esperados/Obtidos

As obras de recuperação dos tributários se iniciaram em janeiro de 2016. Até o presente momento, foram mapeados 101 tributários afetados pela ruptura da Barragem de Fundão, estando previstas obras de recuperação em 96 locais alguns desses tributários não possuem acesso e haveria um impacto ambiental maior para abertura do acesso do que benefício em sua recuperação. Esta foi a conclusão da análise técnica realizada pela Golder Associates e apresentada nos documentos de referência desta seção. A Tabela 4 a seguir mostra o andamento dos trabalhos realizados até o momento.

Tabela 4: Status das obras de recuperação dos Tributários.

Situação	Quantidade de Tributários
Em Andamento	12
Concluído	60
A Executar	24
Sem acesso	5
<b>Total</b>	<b>96</b>

Os relatórios semanais de acompanhamento das atividades de recuperação dos tributários são apresentados nos documentos de referência desta seção.

A título de exemplificação, apresenta-se a seguir um registro fotográfico de alguns dos tributários onde foram realizadas obras. As fotos ilustram a situação antes, durante e depois da intervenção. Visualmente é possível notar que a água dos tributários está límpida, isto é, com baixa turbidez. O leito foi limpo e as margens e taludes não apresentam processos erosivos.

Foi iniciado no dia 26 de julho de 2016 o monitoramento diário da qualidade de água dos tributários, com foco em turbidez, de modo a formar uma base de dados que comprove numericamente a eficácia dos trabalhos. Atualmente, o monitoramento de turbidez e sólidos suspensos está sendo realizado em 12 tributários, sendo alguns em obra, concluídos e não

iniciados. O referido monitoramento e manutenção das obras está sendo realizado com especial foco no próximo período chuvoso. O relatório de monitoramento do mês de outubro é apresentado nos documentos de referência desta seção.

As obras realizadas nos tributários até o presente momento visaram à mitigação dos impactos ambientais na qualidade de água destes corpos hídricos. Visualmente depreende-se que o objetivo pretendido foi atingido. Será implementado monitoramento adicional de acompanhamento dos tributários para confirmar esta percepção, bem como para atendimento aos requisitos mínimos exigidos pela Agência Nacional de Águas - ANA.

#### **Tributário 5 do Rio Gualaxo do Norte (TG05)**



Figura 21: Recuperação ambiental do tributário TG05.

**Tributário 49 do Rio Gualaxo do Norte (TG49)**



Figura 22: Recuperação ambiental do tributário TG49.

### **Tributário 51 do Rio Gualaxo do Norte (TG51)**



Figura 23: Recuperação ambiental do tributário TG51.

#### **7.3.1.3 Monitoramento e Controle**

Está previsto em todo o programa de recuperação dos tributários/afluentes o monitoramento e controle ambiental quanto à evolução e efetividade de cada solução implantada no campo antes, durante e depois dos períodos chuvosos. Esta ação tem o objetivo de garantir a recuperação de toda a área degradada conforme plano de integração de recuperação ambiental proposto.

#### **7.3.1.4 Documentos de Referência da Seção 7.3.1**

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
Relatórios de Obra	Relatórios de acompanhamento do avanço das atividades de recuperação de tributários	H3M	
Documentação de engenharia	Book de documentos de engenharia da recuperação dos tributários impactados	Golder	



### 7.3.2 Reconformação das calhas dos rios principais e controle de erosão

A empresa Golder Associates é a responsável pela elaboração dos projetos de engenharia de reconformação das calhas dos rios principais e de controle de erosão das áreas impactadas. Para atendimento emergencial ao próximo período chuvoso, foram priorizadas 12 áreas contempladas no estudo geomorfológico. A próxima figura apresenta as áreas a serem priorizadas. As áreas 12 e 16 foram excluídas do escopo desse trabalho, uma vez que o dique S4 está sendo implantado na área 12 (planície localizada no entorno de Bento Rodrigues), que terá a sua recuperação ambiental concluída após o descomissionamento do dique e a área 16 (Candongia) está sendo dragada para remoção dos sedimentos depositados. A área 1 é uma área que será alagada com o bombeamento de água e sedimentos proporcionado pelo dique S3. A área 2 é a área de alagamento do distrito de Bento Rodrigues, após a execução das obras do dique S4.

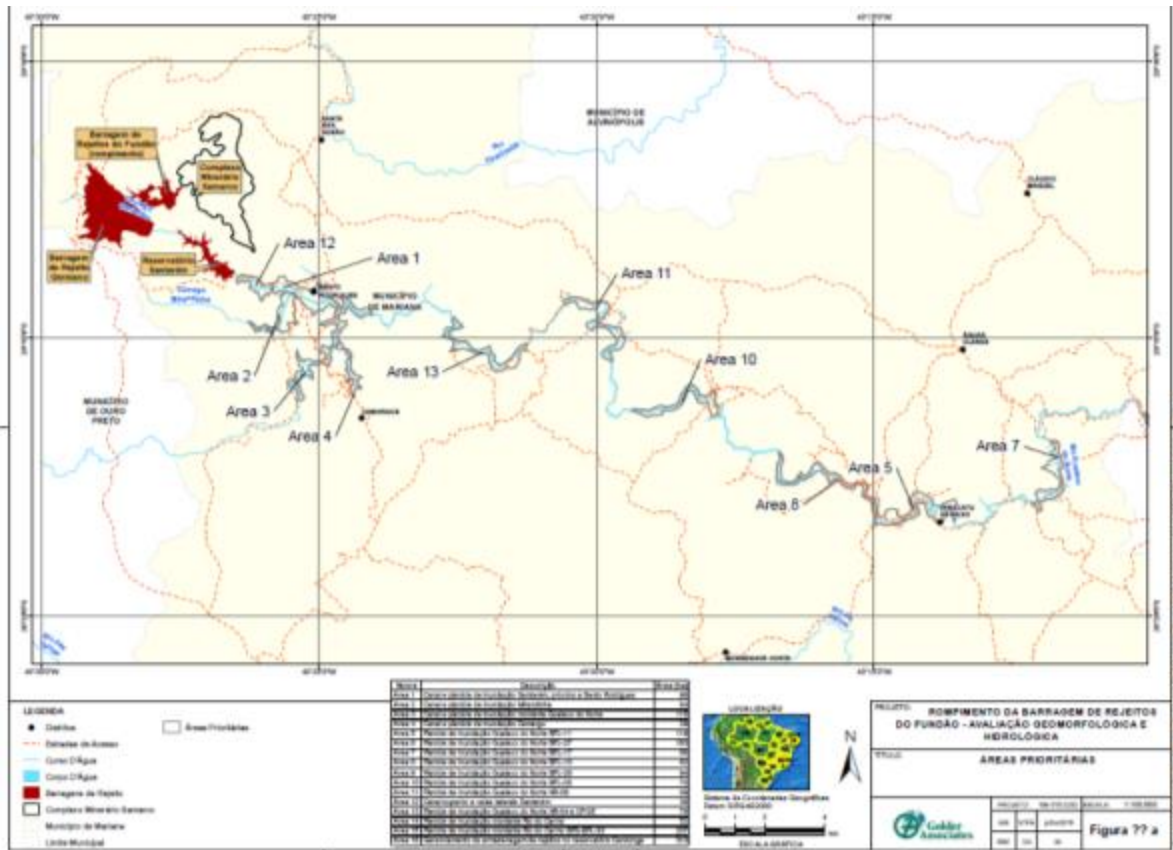


Figura 24: Áreas prioritárias – Parte 1.



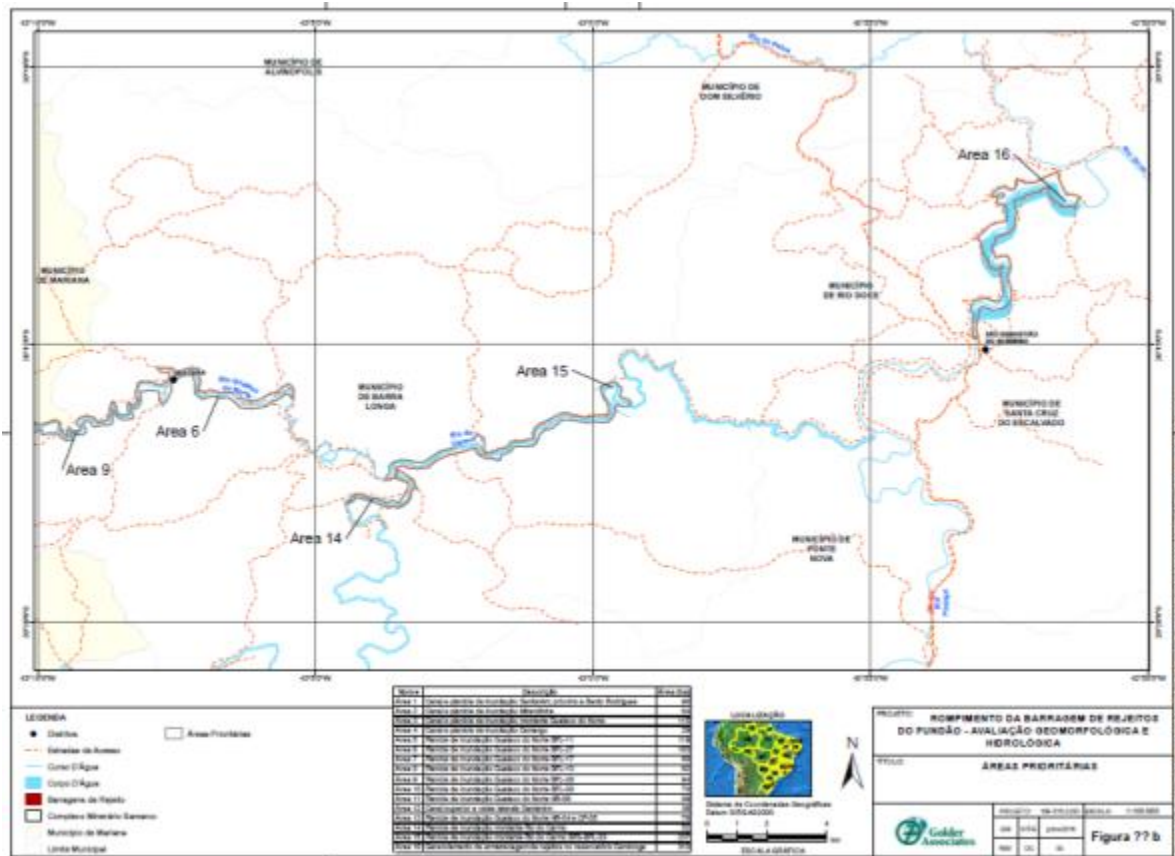


Figura 25: Áreas prioritárias – Parte 2.

Para a execução das atividades, foi adotada a seguinte metodologia:

- Levantamentos de campo;
- Definição de premissas de projeto;
- Definição de seções tipo;
- Elaboração de modelagem hidrodinâmica (HEC-RAS);
- Dimensionamento das seções;
- Elaboração de projetos especiais.

Os projetos estão sendo elaborados pela consultoria técnica Golder Associates Ltd., que também fornece Assessoria Técnica de Obra - ATOs de campo para cada área prioritária descrita anteriormente. Os projetos são apresentados no anexo do documento "Documentação de engenharia" (Ver anexos Seção 7.3.2.

### 7.3.2.1 Levantamento de campo

O levantamento de campo teve como objetivo percorrer todas as áreas contidas no escopo de trabalho, coletando fotos e informações relevantes para a elaboração dos projetos iniciais das áreas prioritárias. Esse levantamento permitiu identificar soluções típicas de engenharia, ou seja, soluções que poderiam ser comumente aplicadas para a maioria das áreas vistoriadas. Seguem algumas fotos do trabalho de campo realizado pela equipe da Golder.



Figura 26: Levantamento realizado pela equipe de campo.

### **7.3.2.2 Definição das premissas e critérios do projeto**

Com o intuito de deixar mais claros as premissas e critérios dos projetos, estes foram divididos em 2 grupos, quais sejam: (i) reconformação das calhas dos rios e (ii) controle de processos erosivos.

As premissas do grupo de reconformação das calhas dos rios são:

#### **Premissas:**

- Minimizar a remobilização de rejeitos e sedimentos depositados nas margens;
- Minimizar a movimentação dos rejeitos e sedimentos depositados no leito para evitar aumento de turbidez na água e desestabilização de margens;
- Evitar a reconformação de áreas onde a vegetação natural já se restabeleceu para estabilização de margens;
- Evitar a reconformação de áreas onde os remanescentes da vegetação ripária (ex.: sistema radicular) permanecem atuando na estabilização das margens;
- Minimizar o uso de soluções de engenharia pesada;
- Adotar técnicas de bioengenharia onde possível utilizado soluções naturais que irão contribuir para a biodiversidade local;
- Monitorar as obras realizadas e reparar os pontos falhos até atingir estabilidade e integração com o ambiente de entorno.

**Critérios de projeto:**

- Trabalhos de estabilização serão projetados para o leito maior - período de retorno de 10 anos.

As premissas que devem ser adotadas pelo grupo de controle de processos erosivos são:

**Premissas:**

- Minimizar a erosão produzida pelo escoamento superficial nas áreas impactadas;
- Desviar o escoamento superficial para evitar o contato com áreas impactadas por rejeitos;
- Minimizar ou limitar novas movimentações de terra em áreas naturais;
- Implantar drenagem superficial adequada nas áreas impactadas;
- Revegetar todas as áreas impactadas;
- Monitorar as obras realizadas e corrigir pontos falhos até atingir estabilidade e integração com o ambiente de entorno.

**Critérios de Projeto:**

- Os desvios de drenagem, tais como canaletas de crista, serão projetados para um evento com período de retorno de 25 anos;
- As medidas de controle de erosão e sedimentação serão projetadas para transportar a precipitação com período de retorno de 25 anos;
- As medidas de controle de erosão e sedimentação devem permitir uma eficiência mínima de 80% para uma precipitação com período de retorno de 5 anos.

### **7.3.2.3 Definição das seções tipo**

Após o levantamento de campo, verificou-se que existem 3 seções típicas que se repetem na maioria das áreas visitadas, sendo:

Seções Tipo:

- TIPO A: Margem exposta com a presença de praia (Figura 27);
- TIPO B: Margem exposta sem a presença de praia (Figura 28);
- TIPO C: Margem exposta com talude alto e berma intermediária (Figura 29);
- TIPO D: Margem estabilizada onde será avaliada a necessidade de aplicação de medidas pontuais de contenção da erosão e do reforço da vegetação (Figura 30);
- TIPO E: Margem exposta: situação em que as seções tipo acima não são aplicáveis podendo ser necessário projeto específico (Figura 31).

Nos trechos cujas características do canal não permitam a aplicação das seções típicas, serão desenvolvidos projetos especiais.

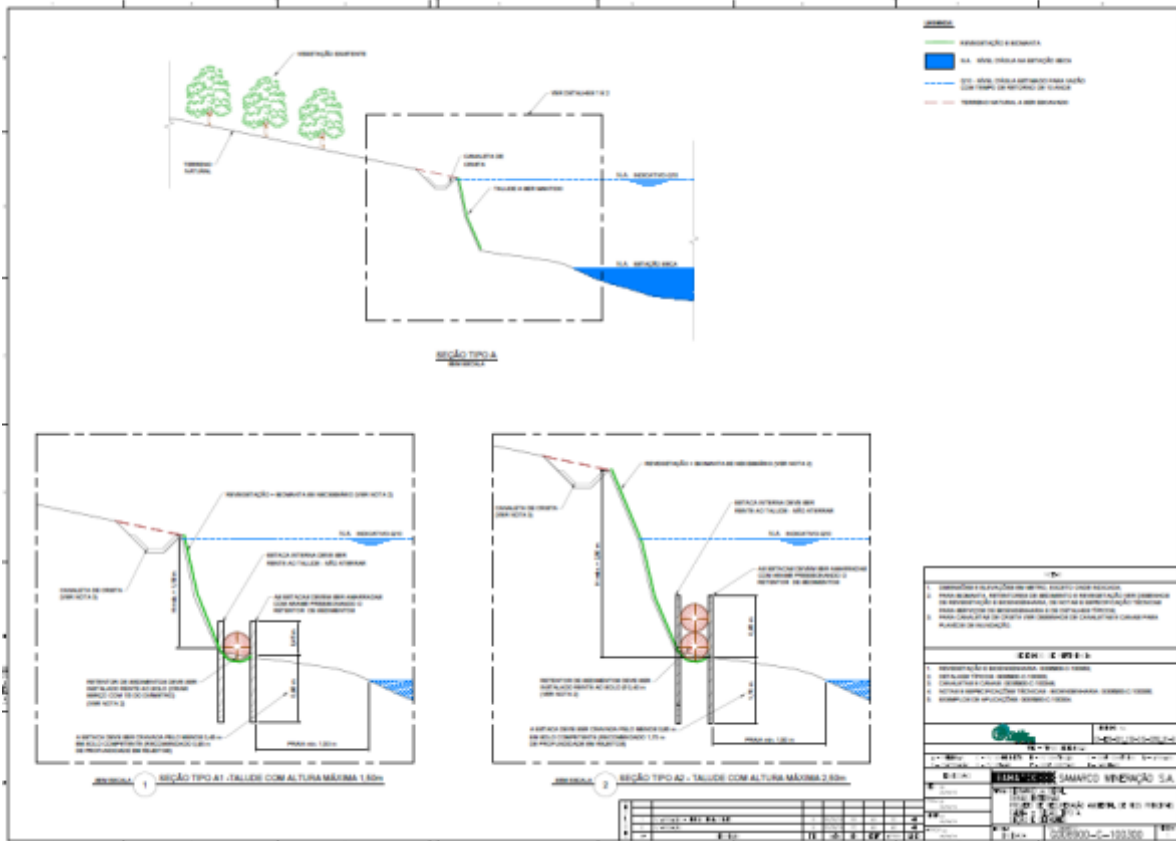


Figura 27: Seção TIPO A esquemática.









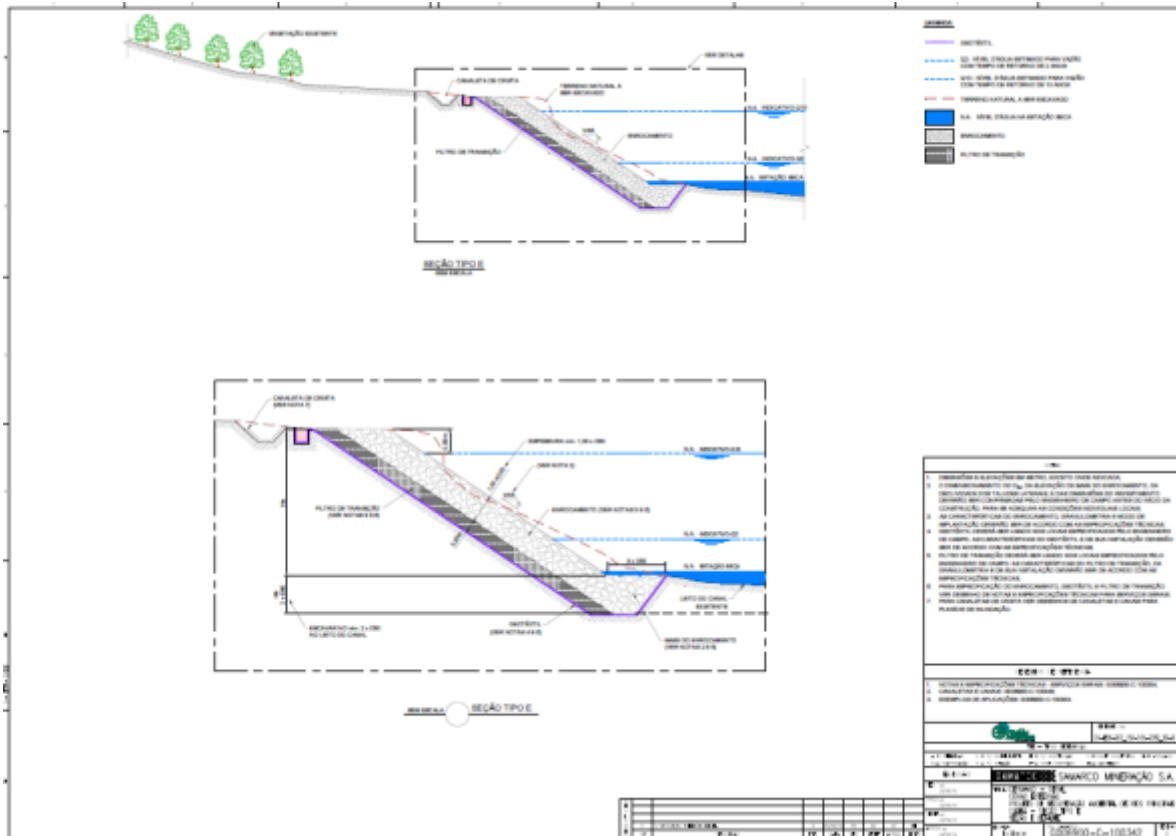


Figura 31: Seção TIPO E esquemática.

### 7.3.2.4 Planícies de inundação

Com base nos levantamentos de campo e em análises de dados topográficos e modelagens GIS serão

propostas estruturas de drenagem e de controle de erosão e sedimentos para as planícies de inundação. Tais

estruturas tem o objetivo de disciplinar as águas pluviais e aquelas provenientes do escoamento superficial

de áreas a montante, permitindo sua infiltração e as conduzindo de forma “limpa” e disciplinada até pontos

seguros para sua dissipação.

Dentre estas estruturas destacam-se:

- Canaletas com seções triangulares e trapezoidais em solo ou revestidas com biomantas antierosivas;



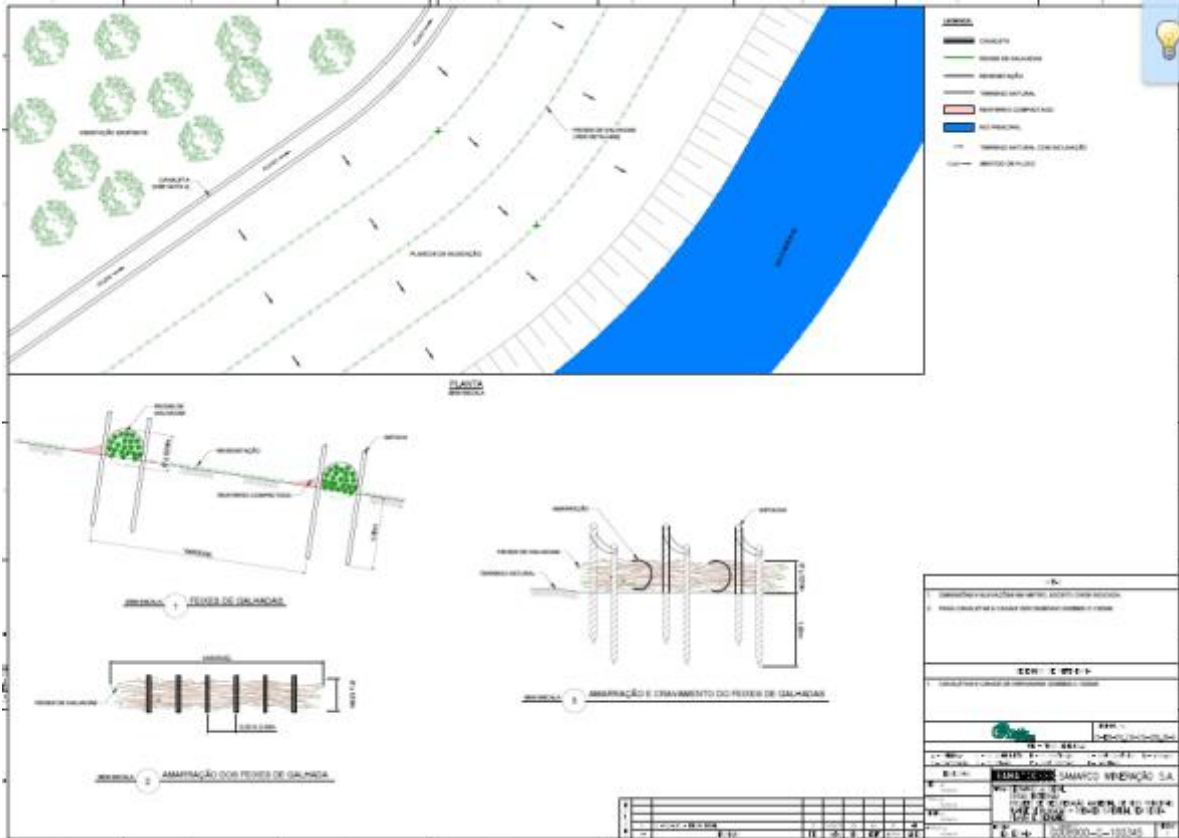


Figura 33: Desenhos típicos de controle de erosão (2).









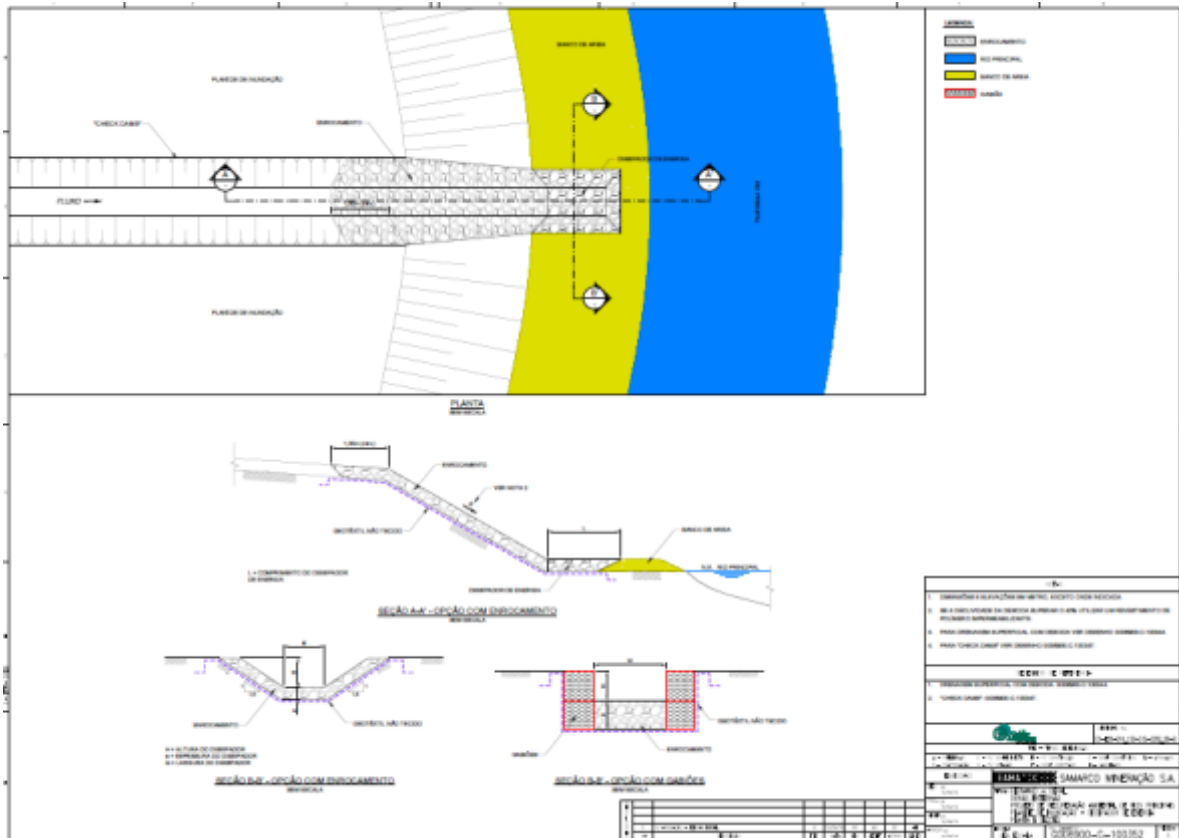


Figura 37: Desenhos típicos de controle de erosão (6).

### 7.3.2.5 Etapas de construção

O processo construtivo das intervenções segue o seguinte padrão:

- 1) Limpeza e conformação da área impactada;
- 2) Direcionamento das drenagens do escoamento superficial e instalação de medidas de controle de erosão;
- 3) Conformação de taludes da calha;
- 4) Aplicação de revestimento na calha – seções tipo;
- 5) Revegetação;
- 6) Monitoramento e manutenção.

As etapas de limpeza, remoção de rejeitos e conformação de taludes podem ser executadas

Após o levantamento dos dados pertinentes, foi elaborado o documento denominado Relatório de Diretrizes Gerais do Projeto (**Anexo G006900-G-1RT102\_R-01**), que apresenta detalhadamente as informações relativas a esse capítulo.

A seguir é apresentado o cronograma de execução das atividades de reconformação das calhas e controle de erosão.

## Cronograma áreas prioritárias

Avanço previsto: 67% Avanço realizado: 52%

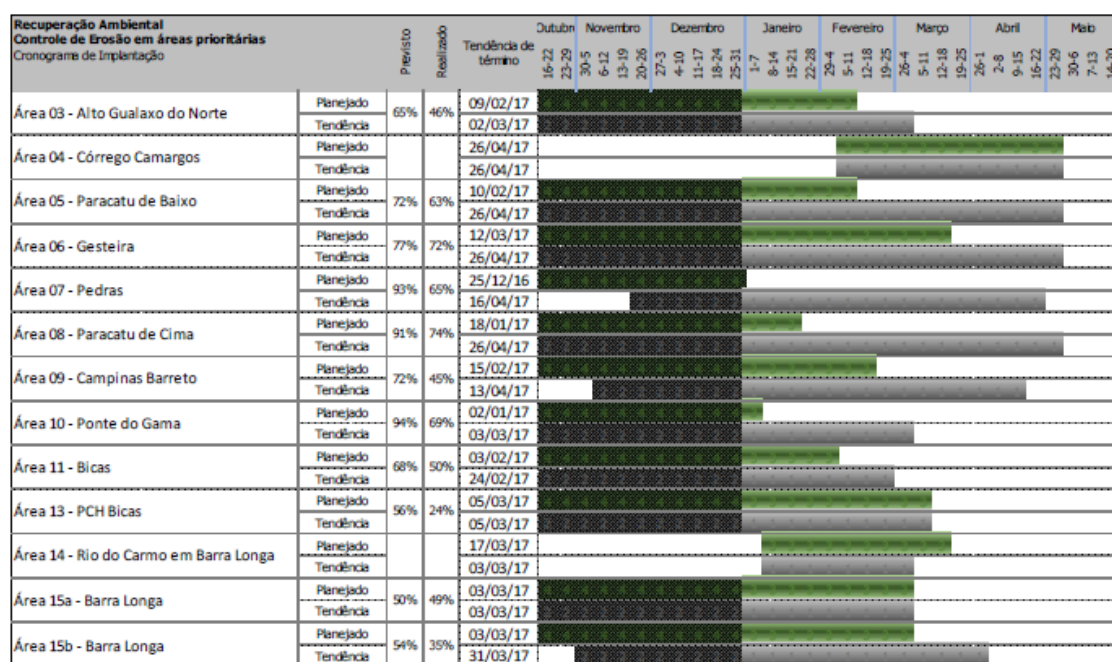
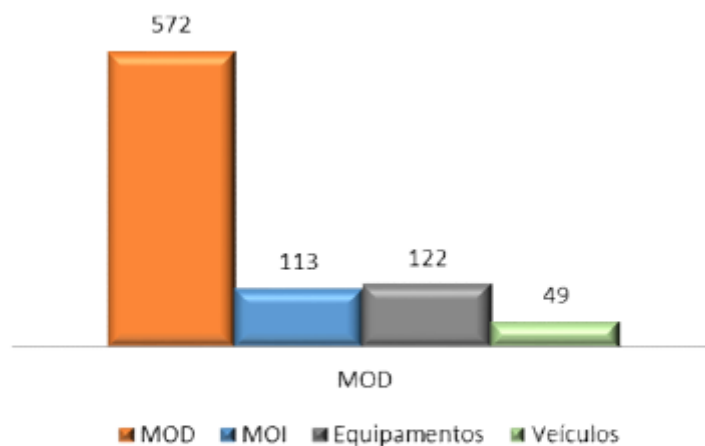
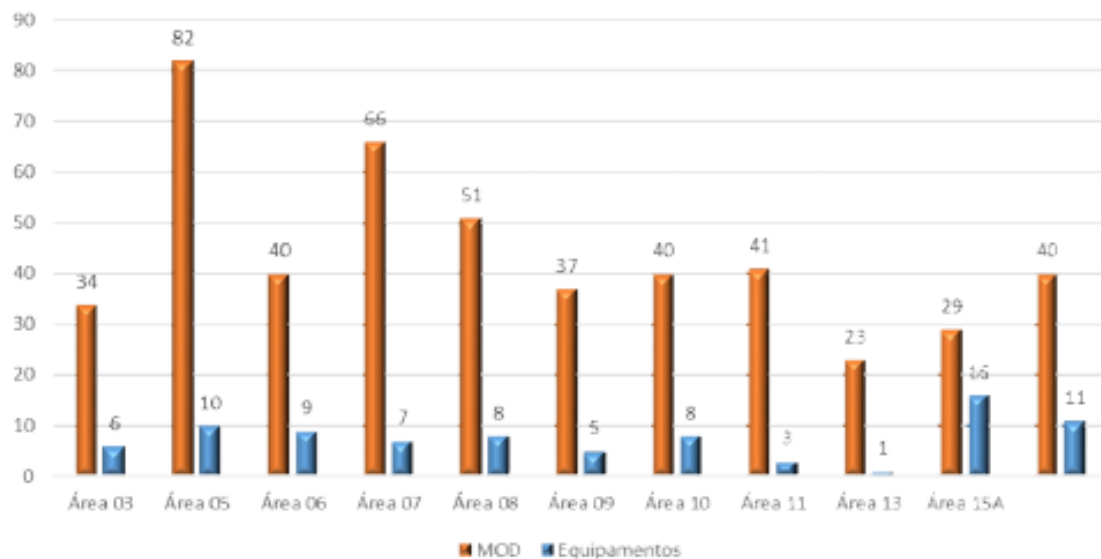


Figura 38: Cronograma de atividades de reconformação das calhas dos rios e controle de erosão.

Segue também o histograma de mão de obra e equipamentos para atividades de bioengenharia em atendimento ao programa.

### Histograma de mão de obra direta e equipamentos por área prioritária



*Histograma total de mão de obra considerando efetivo complementar que atende a tributários e equipes que atuam em todas as áreas*

Figura 39 - Histograma de mão de obra e equipamentos nas obras de bioengenharia nas calhas e margens dos rios impactados.

### 7.3.2.6 Documentos de Referência da Seção 7.3.2

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
Documentação de Engenharia	Book de documentos de engenharia da reconformação das calhas principais	Golder	

### 7.3.3 Plantio Emergencial

A fim de reduzir o carreamento de partículas sólidas para os cursos de água por erosão superficial ou para o ar por erosão eólica, medidas de controle erosivo foram tomadas por meio da implantação de uma cobertura vegetal de rápido crescimento sobre os rejeitos de minério depositados às margens dos cursos de água impactados. Foram priorizadas grandes superfícies expostas nas proximidades das comunidades afetadas e das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Como os estudos científicos que apoiarão a tomada de decisão sobre a necessidade ou não da remoção de rejeitos, bem como a extensão dessa possível remoção ainda estão sendo avaliados pelos órgãos competentes, o programa de revegetação foi adotado como uma medida temporária.

Para a sementeira foram selecionadas espécies de germinação e crescimento rápidos em um mix de espécies gramíneas (para geração de biomassa) e leguminosas (para fixação de nitrogênio) herbáceas e arbustivas (documento ° RT-002\_159-515-2282, **Anexo Seção 7.3.5**). As espécies foram selecionadas de modo a permitir o estabelecimento de uma futura sucessão ecológica de vegetação ciliar. Medidas adicionais para o estabelecimento da sucessão ecológica estão planejadas dentro da fase de recuperação ambiental. No entanto, há de se destacar que decisões específicas estão sujeitas à aprovação dos órgãos ambientais e necessitam de consultas aos proprietários das propriedades afetadas. A estratégia conjugada da utilização de espécies de gramíneas e leguminosas de rápido crescimento para geração de biomassa e fixação de nitrogênio, seguida pela condução da estratégia de sucessão ecológica é amplamente utilizada em recuperação ambiental no Brasil.

#### 7.3.3.1 Estudo de Alternativas

A seleção das alternativas do programa inicial emergencial levou em conta o objetivo do mesmo, o qual é promover uma rápida cobertura do solo para minimizar a erosão laminar, com consequente carreamento de particulados para os cursos de água e diminuição da qualidade das águas, durante a estação chuvosa e para minimizar o arraste eólico, com consequente arraste de particulados para a atmosfera e diminuição da qualidade do ar, durante a estação seca.

Foram consideradas quatro alternativas para o programa inicial emergencial de revegetação:

- Sementeira de braquiária: a braquiária é uma gramínea de origem africana que foi introduzida no Brasil e atualmente é amplamente utilizada para formação de áreas de pastagem para o gado. As espécies de braquiária, são perenes, possuem uma boa



plasticidade suportando diferentes condições de solo e climáticas, têm um crescimento rápido e boa cobertura vegetal. Porém, são espécies agressivas, normalmente dominando o ambiente e dificultando a recolonização da área por espécies nativas ou as ações de plantio pois demandam grande esforço de manutenção sobre as mesmas;

- Semeadura do mix de gramíneas e leguminosas: nesta estratégia são selecionadas espécies de gramíneas e leguminosas que tenham crescimento rápido e ciclo curto. As gramíneas têm o papel de produzir biomassa e aumentar a matéria orgânica no substrato e as leguminosas têm associação com bactérias nitrificantes e, portanto, auxiliam na fixação do nitrogênio. A estratégia conjugada da utilização de espécies de gramíneas e leguminosas de rápido crescimento para geração de biomassa e fixação de nitrogênio, seguida pela condução da estratégia de sucessão ecológica é amplamente utilizada em recuperação ambiental no Brasil, conforme demonstram os artigos acadêmicos apresentados nos anexos da Seção 7.3.3;
- Condução da regeneração natural: a condução da regeneração natural é uma técnica que normalmente leva ao reflorestamento com a maior diversidade e maior proximidade aos ambientes naturais. Ela é recomendada quando se tem remanescentes florestais no entorno. A condução da regeneração natural é preconizada na legislação em vigor. No entanto, sua implantação e o crescimento da vegetação são mais lentos;
- Plantio de mudas arbóreas: o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é uma das técnicas de recuperação ambiental mais empregadas atualmente. Esta metodologia, mesmo empregando uma diversidade de espécies considerada alta, ainda apresenta uma diversidade menor do que a condução da regeneração natural. Porém com uma cobertura vegetal mais rápida do que o método anterior.

Os critérios considerados para a definição das alternativas foram:

- Tempo de implantação: refere-se ao tempo necessário para a implantação das ações de cobertura do solo. Por exemplo: tempo necessário para preparar o solo, semear, plantar ou implantar as ações de condução da regeneração natural. O Tempo de Implantação foi classificado como Baixo quando inferior a 01 ano; Médio quando durar entre 01 e 03 anos; Alto entre 03 e 05 anos e Altíssimo acima de 05 anos;
- Tempo de cobertura do solo: refere-se ao tempo necessário entre a implantação das ações e o crescimento da vegetação a ponto de promover uma cobertura do solo capaz de minimizar a erosão laminar e o arraste eólico. Assim como para o Tempo de Implantação, o Tempo de Cobertura do Solo foi classificado como Baixo quando inferior a 01 ano; Médio quanto à duração for entre 01 e 03 anos; Alto entre 03 e 05 anos e Altíssimo acima dos 05 anos;
- Efetividade do controle de erosão laminar e do arraste eólico: refere-se à efetividade da medida adotada na minimização da erosão laminar durante a estação chuvosa e do arraste eólico durante a estação seca. A Efetividade do Controle de Erosão Laminar e do Arraste Eólico foi considerada após o crescimento da vegetação e foi classificada como Alta para quando o terreno tiver cobertura herbácea/arbustiva e Altíssima para o terreno com cobertura florestal. Os itens alta e altíssima são em relação a um terreno exposto de substrato nu, segundo a fórmula universal da perda de solo;
- Biodiversidade da flora e da fauna: refere-se a diversidade biológica que estará presente após o crescimento da vegetação, tanto florística, por meio das espécies implantadas e da permissão do ingresso de outras espécies de regeneração natural, quanto faunística por meio da atração da fauna silvestre, seja para utilização dos recursos florais (pólen e/ou néctar), seja para alimentação ou para abrigo;

- Aceitação por parte dos proprietários: refere-se à aceitação por parte dos proprietários das medidas propostas de revegetação inicial emergencial. Tendo em vista que boa parte das propriedades possuía pastagem ou culturas agrícolas antes do acidente a vontade da maioria dos mesmos é de reestabelecer a atividade produtiva pré-existente. A Aceitação por Parte dos Proprietários foi classificada como Baixa para quanto o resultado final das ações conduz a uma vegetação florestal, Média para quando estabelece uma vegetação herbácea arbustiva que permita a substituição da mesma, caso aceito e, Alto para quanto for semeada a braquiária, espécie mais comumente utilizada em pastagens;
- Aceitação por parte dos órgãos reguladores: refere-se à aceitação por parte dos órgãos reguladores das medidas propostas de revegetação inicial emergencial. Os órgãos reguladores tendem a aceitar melhor o plano quando as ações de revegetação conduzem a uma rápida cobertura do solo e não impedem o reestabelecimento da Mata Atlântica. A Aceitação por parte dos órgãos reguladores foi considerada Baixa para a utilização de espécies agressivas que dificultem a sucessão ecológica, Médio para as ações que conduzam ao reestabelecimento da Mata Atlântica, porém, tenham um grande tempo de implantação e para o estabelecimento da cobertura do solo, uma vez que a minimização da erosão laminar e do arraste eólico seria demorada e Alto para a utilização de espécies herbáceas/arbustivas de rápido crescimento e de ciclo de vida curto que promovam uma rápida cobertura do solo e não dificultem o futuro reestabelecimento florestal;
- Compatibilidade com a legislação e boas práticas: refere-se ao cumprimento da legislação ambiental em vigor no Brasil e no estado de Minas Gerais e com as boas práticas que preconizam o reflorestamento da vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente e, também, da proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. A compatibilidade com a legislação e boas práticas foi considerada Alta para as ações que promovam o reflorestamento da vegetação de Mata Atlântica, principalmente em APP; Médio para as ações que não dificultem o futuro reflorestamento das áreas e Baixo para as ações que dificultem o reflorestamento futuro.

A Tabela 5 apresenta os resultados da avaliação das alternativas do Programa de Revegetação Inicial Emergencial.

Tabela 5: Avaliação das alternativas do Programa de Revegetação Inicial Emergencial.

Critérios Considerados	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
	Semeadura de braquiária		Semeadura mix de gramíneas e leguminosas		Condução da regeneração natural		Plantio de mudas arbóreas	
Tempo de implantação <sup>1</sup>	Baixo	20	Baixo	20	Altíssimo	5	Alto	10
Tempo para a cobertura do solo <sup>1</sup>	Baixo	20	Baixo	20	Altíssimo	5	Alto	10
Efetividade do controle de erosão laminar e do arraste eólico <sup>2</sup>	Alto	15	Alto	15	Altíssimo	20	Altíssimo	20
Biodiversidade da flora e da fauna <sup>2</sup>	Baixa	5	Média	10	Altíssima	20	Alta	15
Aceitação por parte dos proprietários <sup>2</sup>	Alto	15	Médio	10	Baixo	5	Baixo	5
Aceitação por parte dos órgãos reguladores <sup>2</sup>	Baixo	5	Alto	15	Médio	10	Médio	10
Compatibilidade com a legislação e boas práticas <sup>2</sup>	Baixo	5	Médio	10	Alto	15	Alto	15
<b>Pontuação</b>	2º lugar	85	<b>1º Lugar</b>	<b>100</b>	3º lugar	80	2º lugar	85

Pontuação: Itens <sup>1</sup> – Baixo = 20; Médio = 15; Alto = 10; Altíssimo = 05 pontos;

Itens <sup>2</sup> – Baixo = 05; Médio = 10; Alto = 15; Altíssimo = 20 pontos.

Os resultados esperados do Programa de Revegetação Inicial Emergencial são:

- Cobertura rápida das áreas com espécies herbáceas e arbustivas;
- Redução da carga de partículas sólidas entrando nos córregos e rios;
- Redução da emissão de material particulado; e,
- Melhorias na qualidade do substrato.

Atualmente a etapa de implantação do Programa de Revegetação Inicial Emergencial foi concluída em julho de 2016, prosseguindo para a etapa de manutenção das áreas revegetadas.

A seguir são apresentados alguns resultados alcançados segundo relatório MT-008\_159-515-2282\_01-B elaborado pela Golder Associates.

Para o Programa de Revegetação Inicial Emergencial, foram utilizadas duas empresas subcontratadas pela Samarco: a Agroflor e a RG Bioengenharia. O primeiro contrato foi firmado com a Agroflor e foram priorizadas as áreas no entorno de comunidades e propriedades rurais atingidas, sendo elas: Bento Rodrigues, Ponte do Gama, Paracatu de Cima e de Baixo, Pedras, Barretos, Gesteira e Barra Longa. Este contrato visava a revegetação de 200 hectares e foi aditado em mais 50 hectares. O segundo contrato, celebrado com a RG Bioengenharia e a

Samarco priorizou a revegetação nas proximidades dos cursos d'água atingidos e visava a revegetação de 600 hectares. Adicionalmente, a Samarco está realizando a reconfirmação dos rios principais e respectivos tributários, conforme também descrito no presente relatório. Após os trabalhos de reconfirmação são realizadas ações de revegetação utilizando-se, também, gramíneas e leguminosas. Estes trabalhos foram orientados e acompanhados pela Golder Associates.

### 7.3.3.2 Metodologia

A metodologia do Programa de Revegetação Inicial Emergencial foi apresentada no Plano de Recuperação Ambiental (documento ° RT-002\_159-515-2282, Anexo Seção 7.3.3).

#### Preparação do mix de sementes

A compilação de sementes que foi utilizada para a semeadura foi elaborada pelo especialista em recuperação ambiental Professor Doutor Ademir Reis (da empresa Restauração Ambiental Sistêmica – RAS). O mix foi composto de espécies herbáceas ou arbustivas de leguminosas (Fabaceae), gramíneas (Poaceae) e uma espécie de outra família (Brassicaceae), as quais são disponíveis comercialmente. O mix foi preparado de forma a não incluir espécies que poderiam impedir o futuro desenvolvimento sucessional das comunidades arbóreas, ou de espécies invasoras tais como a braquiária (*Brachiaria* spp) ou o capim gordura (*Melinis minutiflora*).

A compilação de espécies passíveis de serem utilizadas e disponíveis no mercado é apresentada na Tabela 6 (leguminosas), Tabela 7 (gramíneas) e Tabela 8 (outra família). A composição do mix que foi utilizado para a semeadura nas diferentes áreas dependeu da disponibilidade comercial das mesmas no momento da compra.

Tabela 6: Lista de espécies de leguminosas (Fabaceae) não invasoras passíveis de utilização do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.

Nome Científico	Nome Popular	Porte	Ciclo de Vida	Função Ecológica
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Calopogônio	Trepadeira Herbácea	Anual	Fixação de nitrogênio
<i>Crotalaria</i> spp.	Chocalho de cascavel	Arbustivo	Anual	
<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão de porco	Herbáceo	Anual	
<i>Cajanus cajan</i>	Feijão Guandu	Arbustivo	Anual	
<i>Mucuna aterrina</i>	Mucuna preta	Liana	Anual	
<i>Mucuna pruriens</i>	Mucuna cinza	Liana	Anual	
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Pueraria	Liana	Perene	
<i>Glycine wightii</i>	Soja-perene	Liana	Perene	
<i>Stylosanthes</i> spp.	Estilosante	Arbustivo	Perene	
<i>Canavalia ensiformis</i>	Feijão-de-porco	Arbustivo	Anual	
<i>Lupinus albus</i>	Tremoço branco	Arbustivo	Anual	
<i>Vicia sativa</i>	Ervilhaca	Liana	Anual	



reparar, restaurar, reconstruir

Nome Científico	Nome Popular	Porte	Ciclo de Vida	Função Ecológica
<i>Arachis pintoi</i>	Amendoim-forrageiro	Arbustivo	Perene	
<i>Desmodium</i> spp.	Pega-pega	Arbustivo	Perene	
<i>Vigna unguiculata</i>	Feijão-miudo	Arbustivo	Anual	

Tabela 7: Lista de espécies de gramíneas (Poaceae) não invasoras passíveis de utilização do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.

Nome Científico	Nome Popular	Porte	Ciclo de Vida	Função Ecológica
<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgo-forrageiro	Herbácea	Anual	Geração de biomassa
<i>Avena</i> spp.	Aveia-amarela, aveia-preta	Herbácea	Anual	
<i>Cynodon dactylum</i>	Capim-vaqueiro	Herbácea	Perene	
<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	Herbácea	Perene	
<i>Paspalum notatum</i>	Batatais, pensacola	Herbácea	Perene	
<i>Axonopus</i> spp.	Sempre-verde	Herbácea	Perene	

Tabela 8: Espécie de outra família (Brassicaceae) não invasoras passível de utilização do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.

Família	Nome Científico	Nome Popular	Porte	Ciclo de Vida	Função Ecológica
Brassicaceae (Cruciferae)	<i>Raphanus sativus</i>	Nabo-forrageiro	Herbácea	Perene	Geração de biomassa

Além destas espécies disponíveis no comércio, também foi recomendado o enriquecimento do mix acima com sementes de espécies ruderais observadas em campo em dezembro de 2015 com sementes disponíveis para coleta nas beiras de tributários a montante das áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Essas sementes foram utilizadas na área de maior impacto físico nas margens dos cursos de água observada entre o distrito de Bento Rodrigues e o Reservatório de Candonga (Risoleta Neves) em Minas Gerais.

A Tabela 9 apresenta a relação de espécies nativas ruderais cujas sementes estavam disponíveis para coleta e devem ser coletadas e utilizadas para o enriquecimento do mix de sementes comerciais.

Tabela 9: Lista de espécies nativas ruderais cujas sementes estavam disponíveis para coleta e podem ser utilizadas para o enriquecimento do mix de sementes comerciais do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal.

Família	Nome Científico	Nome Vulgar	Hábito	Ciclo	Função
---------	-----------------	-------------	--------	-------	--------





reparar, restaurar, reconstruir

Família	Nome Científico	Nome Vulgar	Hábito	Ciclo	Função
Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>	Mimosa-de-espinho	arbusto	perene	Fixação de nitrogênio
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	sensitiva	arbusto	perene	
Fabaceae	<i>Indigofera</i> spp.	Anis-selvagem	arbusto	perene	
Fabaceae	<i>Sesbania punicea</i>	Flamboiant-mirim	arbusto	perene	
Fabaceae	<i>Desmodium</i> spp.	Pega-pega	erva	perene	
Boraginaceae	<i>Varronia curassavica</i>	balieira	arbusto	perene	Geração de Biomassa
Verbenaceae	<i>Lantana</i> sp.	Lantana	arbusto	perene	
Poaceae	<i>Gynerium sagittatum</i>	Cana-do-rio	arbusto	perene	
Solanaceae	<i>Solanum</i> spp.		arbusto	perene	
Convolvulaceae	<i>Ipomoea cairica</i>	Corriola	liana	perene	

### Preparação do Substrato e Semeadura

Previamente à semeadura foram realizados diversos experimentos em áreas pequenas de forma a avaliar a necessidade da preparação do solo e o melhor método de preparar o solo. Estes experimentos demonstraram que há baixa germinação e cobertura do solo nos locais onde não era feito um preparo prévio do substrato por meio de escarificação da superfície. Portanto, os experimentos realizados demonstram a necessidade da realização do preparo do solo de forma a proporcionar taxas de fixação, germinação e cobertura do solo dentro das condições encontradas.

Os métodos de escarificação selecionados incluíram o microcoveamento manual com uso de enxadinhas ou, onde o substrato fosse plano e firme, utilização de motocultivadores (Figura 40, Figura 41 e Figura 42).



Figura 40: Microcoveamento manual do solo com uso de enxadinhas nas proximidades de Barra Longa.



Figura 41: Preparação semi-mecanizada do substrato utilizando motocultivador nas proximidades de Barra Longa.



Figura 42: Preparação do solo utilizando métodos manuais e semi-mecanizados de escarificação do substrato, semeadura e fertilização sendo realizadas nas proximidades de Paracatu de Baixo.

Após a escarificação do substrato as sementes são aplicadas a lanço. Durante a fase experimental do Programa de Estabelecimento Inicial da Cobertura Vegetal foi-se utilizada uma taxa de aplicação de sementes acima da normalmente utilizada (400 Kg/ha). Esta taxa elevada foi utilizada devido às incertezas quanto às taxas de germinação. No entanto, como a germinação tem sido alta, a utilização de sementes será reduzida para 300 Kg/ha durante a fase de revegetação nas APPs. Este quantitativo de sementes por hectare ainda é considerado conservador.





Figura 43: Semeio a lanço realizado por trabalhadores locais.

Como o substrato possui poucos nutrientes, foi utilizada a fertilização para que as sementes recém germinadas possam formar raízes e se desenvolver. Para a adubação de plantio foi utilizada a fertilização inorgânica com Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) (NPK 8-28-16) na taxa de 400 Kg/ha. O fósforo (P) estimula a formação e desenvolvimento inicial das raízes, no entanto, para o desenvolvimento posterior das plantas, é aconselhável a utilização de quantidades menores deste nutriente. Portanto, para a adubação de cobertura quando as folhas e raízes já estão em desenvolvimento, foi utilizado o NPK 20-05-20 na taxa de 200 Kg/ha para a fase de semeadura experimental. Já para a fase de semeadura esta taxa foi dividida em duas aplicações de 100 Kg/ha de forma a permitir que as plantas absorvessem os nutrientes por um período maior ao longo de seu desenvolvimento.

### **7.3.3.3 Resultados Obtidos**

Os principais resultados obtidos até o momento foram:

- O mix de sementes utilizado teve uma boa germinação e o crescimento inicial tem indicado resultados positivos para o controle inicial da erosão laminar;
- Ao menos parte da energia cinética das gotas de chuva está sendo reduzidas pela folhagem das plântulas que tenham atingido um porte razoável e uma boa taxa de cobertura do solo;
- As raízes e radículas das plântulas em desenvolvimento sobre os rejeitos promovem uma adesão do solo, mesmo que subsuperficial;
- O contato com os rejeitos não inibiu a germinação das sementes (múltiplas espécies), o seu crescimento subsequente, ou o desenvolvimento das estruturas radiculares até os estágios observados, os quais indicam que os rejeitos provavelmente não são tóxicos para as plantas terrestres. Um estudo químico dos tecidos vegetais está em



fase de contratação para avaliar outros e futuros aspectos do crescimento vegetal nos rejeitos;

- Uma preparação do solo por meio da escarificação superficial do mesmo se mostrou necessária. O semeio em solos onde não houve escarificação do terreno não se mostrou efetivo;
- A adição de fertilizantes às áreas semeadas apresentou melhores resultados, presumidamente devido à baixa carga nutricional dos materiais depositados;
- Algumas áreas, particularmente naquelas cujas plântulas estão pequenas, apresentam formação de sulcos erosivos; em alguns casos, as sementes depositadas nesses sulcos pelas chuvas germinaram e estão em crescimento;
- Algumas vacas, cavalos, porcos e capivaras foram observados pastando nas plântulas em crescimento, prejudicando o seu pleno desenvolvimento;
- Também houve a predação por aves e formigas (foram utilizados formicidas, mas, devido à extensão da área semeada, em alguns locais ainda se observa estes insetos predando sementes e folhas);
- A maioria das áreas semeadas são planas e, em alguns casos, largas. Este fato pode resultar em seca e redução no desenvolvimento de microclimas e, nas áreas ripárias, no desenvolvimento de micro-habitats;
- A quantidade do mix de sementes utilizada por hectare se mostrou suficiente;
- Em alguns locais houve excelente cobertura do solo em outros as taxas não foram tão boas e um programa de manutenção será iniciado em breve.

Em resumo, foram executadas ações de plantios emergenciais, até o dia 21 de julho de 2016, pelas empresas contratadas pela Samarco, tendo sido revegetado um total de 808,49 hectares considerando áreas espaciais. Foi reportada inicialmente a extensão de 835,22 hectares revegetadas, porém foi identificado um equívoco de topografia em uma das áreas revegetadas de Bento Rodrigues, com isto a extensão final, já retificada pela Samarco junto aos órgãos competentes, retificado é de 808,49 hectares. A documentação que evidencia a conclusão desta medida foi revisada e é apresentada na Seção 7.3.4. Na mesma seção é apresentada uma Carta da ERG explicando o equívoco de medição topográfica.

Adicionalmente, será iniciado o processo de manutenção da área revegetada, com o objetivo de manter a cobertura vegetal implantada até o início da recuperação vegetal final, que será realizada com espécies arbóreas nativas. Neste serviço estarão inclusos itens como irrigação, controle de formigas, adubação, além do plantio de novas áreas impactadas.

Logo abaixo, vejam-se exemplos de mapas com as áreas revegetadas (Figura 44 e Figura 45). Estas informações foram levantadas a partir de dados de topografia obtidos pela empresa ERG.



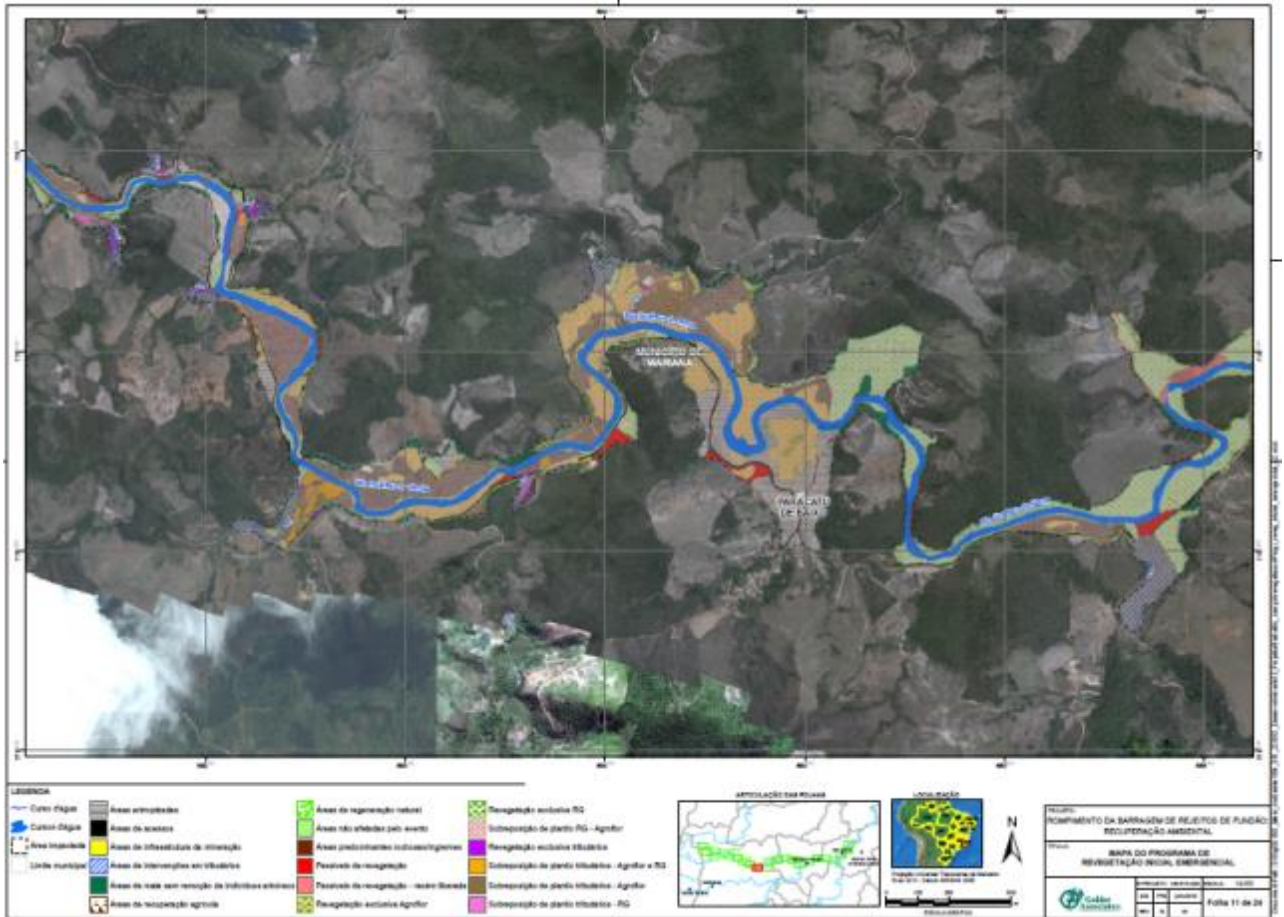


Figura 45: Mapa do programa de revegetação inicial Emergencial. (Fonte: Golder Associates).

Alguns exemplos da evolução da revegetação inicial emergencial são apresentados da Figura 46 a Figura 51.



Figura 46: Revegetação na região da Ponte do Gama.





Figura 47: Revegetação na região de Barra Longa.



Figura 48: Revegetação na região de Barra Longa.





Figura 49: Revegetação na região de Paracatu de Cima.



Figura 50: Revegetação na região de Paracatu de Baixo.



Figura 51: Revegetação na região de Paracatu de Baixo.

#### 7.3.3.4 Documentos de Referência da Seção 7.3.3

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
RT_002-159-515-2282_02-J	Plano de Reabilitação Ambiental	Golder	fev/16
Anexo I - Relatório Agroflor	Contenção de carreamento de sedimentos por meio de revegetação	Samarco / Agroflor	mar/16
Anexo II - Relatório Geral Samarco 2016_R1	Serviços para contenção de sedimentos por meio de vegetação	RG Bioengenharia - Soluções Ambientais	ago/16
Anexo III - Impeditivos-rev 00	-	Golder	jul/16
Anexo IV - Progr reveg inicial emergencia A2	Mapa do programa de revegetação inicial emergencia - Folha 1 a 24	Golder	
Introdução_R5	-	Golder	ago/16
Artigos acadêmicos revegetação	Artigos acadêmicos que demonstram ampla utilização do		

	mix de gramíneas e leguminosas como parte da estratégia de recuperação ambiental		
Anexo V - ARTs	ART das empresas envolvidas na revegetação emergencial		

## 7.4 Plano de Ações para o Período Chuvoso

O Plano de Ações para o Período Chuvoso 2016/2017 faz parte de uma estratégia integrada com o objetivo de atravessar a próxima estação chuvosa com a menor geração de impactos possível à sociedade, ao meio ambiente e às atividades econômicas pelo acidente de 05 de novembro de 2015.

Durante o período chuvoso, que compreende os meses de outubro a março, os níveis de precipitação apresentam maior intensidade, conforme exemplo apresentado na Figura 52.

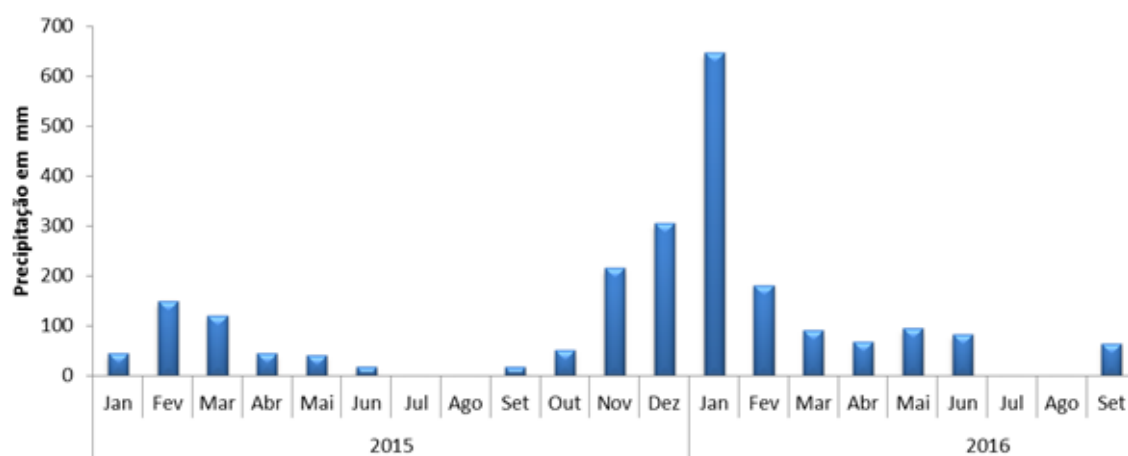


Figura 52 - Precipitação acumulada mensal registrada no complexo de Germano em 2015 e 2016

Em condições naturais, tais níveis de volume de chuva podem ocasionar aumento na vazão do rio, provocando possível carreamento de sólidos depositados às suas margens e aumento da turbidez da água. Após o evento de rompimento da barragem de Fundão em 05 de novembro de 2015, parte dos sedimentos ficou depositado nas calhas dos rios e poderiam retornar aos cursos d'água frente à ocorrência de chuvas.

Nesse sentido, diversas ações preventivas estão sendo realizadas com o objetivo de minimizar os impactos na qualidade da água para o próximo período chuvoso e, para isso, está sendo elaborada uma estratégia integrada que visa atuar tanto nas potenciais causas como também nas consequências de um cenário com turbidez elevada no próximo período chuvoso.

Os documentos que integram esta estratégia são:



### 1) Plano de Recuperação Ambiental Integrado (PRAI)

- Este Plano apresenta os pilares estratégicos e reúne as ações que estão sendo realizadas para recuperação ambiental. Aqui, buscou-se detalhar detalha as frentes de ações estabelecidas para evitar a disponibilização de novos aportes de sedimentos aos cursos d'água.

### 2) Plano de monitoramento e controle das estruturas durante período chuvoso (PMC)

- Estabelece a rotina de operação para o período chuvoso visando mitigar os impactos das chuvas nas intervenções realizadas.

### 3) Plano de Ações para Período Chuvoso

- Estabelece as ações preventivas e contingenciais frente a possíveis cenários de aumento de turbidez, visando mitigar os impactos à sociedade e ao meio ambiente. O documento considera diversas situações, inclusive a mais crítica.

Na Figura 53, segue apresentada esquematicamente a estratégia lógica elaborada para atender esta demanda.

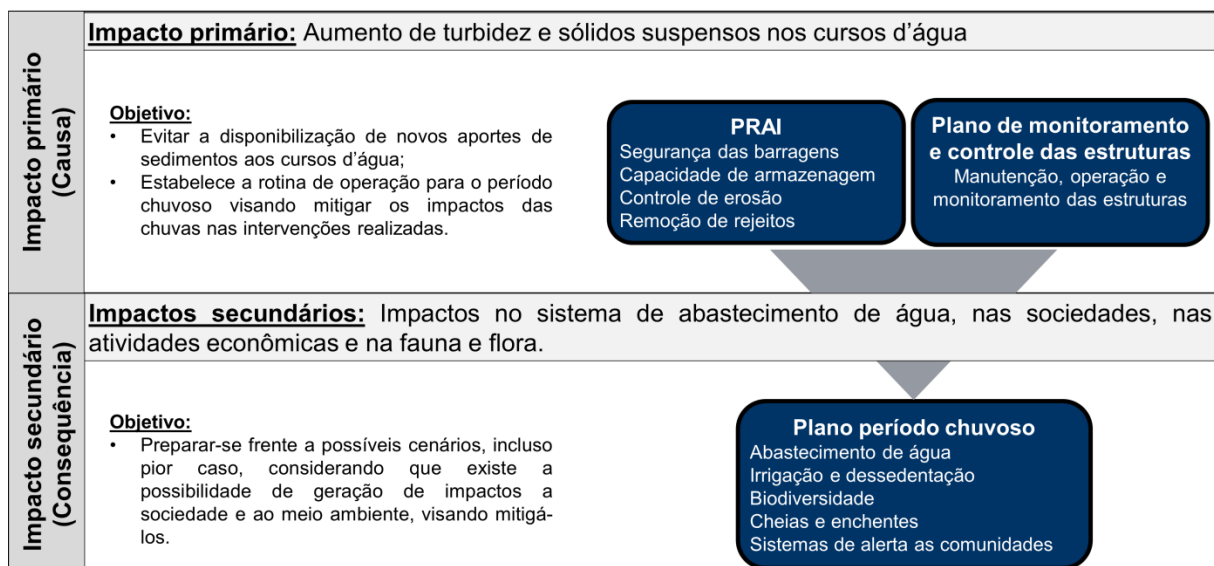


Figura 53 - Estratégia integrada para preparação do próximo período chuvoso.

Os riscos identificados são:

- Impactos no abastecimento de água dos municípios;
- Impactos na irrigação e dessedentação animal;
- Impactos à ictiofauna;
- Cheias.

Com base na experiência após o evento de rompimento de barragem em 2015, o Plano de Ações para o Período Chuvoso 2016/2017 apresenta as frentes de trabalho empregadas, visando mitigar os impactos identificados resultantes de eventuais aumentos nos níveis de turbidez do rio.

Os riscos estão sendo trabalhados de duas formas: ações preventivas e ações de contingência. As ações preventivas não são dependentes da alteração da qualidade da água, e visam monitorar e/ou mitigar impactos oriundos desta alteração. As ações de contingência são aquelas planejadas para serem acionadas mediante necessidade de atuação. Segue apresentado na

Tabela 10 um resumo das principais ações vinculadas a cada um dos riscos mapeados.

Tabela 10 - Ações preventivas e ações de contingência para o período chuvoso.

RISCOS	AÇÕES PREVENTIVAS	AÇÕES DE CONTINGÊNCIA
Desabastecimento de água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorias e investimentos de ETA's</li> <li>• Captação Alternativa</li> <li>• Operação Assistida 24h</li> <li>• Capacitação/Ensaio de Bancada</li> <li>• Criação de equipe técnica exclusiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluxo de gatilhos</li> <li>• Contratos prévios (PIPA/ETA Móvel/Água mineral)</li> </ul>
Impactos na irrigação e dessedentação animal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise da qualidade da água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos de silagem e Caminhão Pipa</li> </ul>
Impactos à biodiversidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento da biodiversidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resgate emergencial de ictiofauna;</li> <li>• Resgate de peixes mortos;</li> <li>• Resgate emergencial da fauna terrestre</li> </ul>
Cheias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudo de cheias</li> <li>• Mitigação do risco de cheias</li> <li>• Plano de ação de recuperação de Infraestrutura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de alerta</li> <li>• Plano de limpeza</li> <li>• Plano de ações sociais</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento de cheias</li> <li>• Plano de comunicação simulações</li> <li>• Corpos hídricos no Espírito Santo</li> </ul>	
--	---	--

Com base na experiência após o evento de rompimento de barragem em 2015, o Plano de Ações para o Período Chuvoso 2016/2017 apresenta as frentes de trabalho empregadas, visando mitigar os impactos identificados resultantes de eventuais aumentos nos níveis de turbidez do rio.

## **8.0 EMBASAMENTO CIENTÍFICO DA AVALIAÇÃO DE RISCOS E DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO**

### **8.1 Determinação dos Volumes de Rejeitos Depositados**

Com base nos levantamentos topográficos contratados pela Samarco da empresa HGT, existiam no Vale do Fundão 56,4 Mm<sup>3</sup> de rejeito e lamas antes do evento. No primeiro momento do acidente 32,2 Mm<sup>3</sup> vazaram no vale de Fundão. Posteriormente, com o período de chuvas, foram carreados mais 11,5 Mm<sup>3</sup>, portanto, atualmente encontram-se aproximadamente 12,8 Mm<sup>3</sup> de rejeitos remanescentes na barragem de Fundão. Conforme o mesmo levantamento topográfico citado acima, atualmente a barragem de Santarém possui 9,8 Mm<sup>3</sup> de rejeitos depositados.

O incidente envolveu erosão significativa e/ou a subsequente deposição em trechos da bacia do alto rio Doce, resultando em mudanças na morfologia de alguns trechos de rio. Como indicado neste relatório, estão sendo feitos esforços para estabilizar as margens dos rios, minimizar a erosão e remobilizar os sedimentos depositados, bem como para compreender o potencial de inundações nestas novas condições.

Adicionalmente, a Samarco iniciou o monitoramento e quantificação do movimento dos sólidos ao longo da área impactada através de levantamentos topobatimétricos e sobrevoos em toda a área realizados imediatamente após a ruptura.

#### **8.1.1 Metodologia Utilizada para o Cálculo dos Volumes**

Os cálculos iniciais para estimar os volumes que subsidiaram os valores descritos foram realizados pela empresa HGT (documento nº G001600-O-1MC001, Anexo Seção 8.0). No Anexo Seção 8.0 está disponibilizada a memória de cálculo completa.

### **8.1.1.1 Metodologia Utilizada na Área A Montante da Barragem de Santarém**

Foi utilizado o software Endurance (versão 1.01) da HGT Geoprocessamento Ltda, com rotinas para cálculo de Volume dispostas no pacote Endurance/gis.

A metodologia se baseia em calcular a diferença de volumes entre duas superfícies distintas. As superfícies foram produzidas através da técnica de Pós-Sinalização por Área, consistindo em processo aerofotogramétrico a partir de imagens coletadas por uma ARP (Aeronave Remotamente Pilotada).

As diferenças de superfície são calculadas a partir de um filtro, que identifica a área de interesse do cálculo. São calculados 2 volumes livres até uma cota arbitrária mais elevada que a máxima existente na área de estudo, a diferença entre os volumes é a quantidade de material movimentado no período.

### **8.1.1.2 Metodologia Utilizada na Área A Jusante da Barragem de Santarém**

Foi utilizado o software de restituição Endurance (versão 1.01) da HGT Geoprocessamento Ltda, com rotinas para cálculo de Volume dispostas no pacote Endurance/gis/estereo.

A metodologia se baseia em calcular a diferença de volumes entre duas superfícies distintas. Para o cálculo foram duas superfícies, a primeira ou primitiva foi uma superfície global pública, o sobrevoo fotogramétrico feito pela USAF (United States Air Force) em 1966, em escala de 1:60.000, a segunda, referente à superfície após o rompimento, foi feita através de aerofotogrametria utilizando imagens panorâmicas coletadas no dia 08/11/2015.

Em função da escala e da qualidade deteriorada das imagens da coleta USAF de 1966 utilizada como primitiva, o volume de cada área foi calculado baseando-se em uma média de diferença altimétrica por pontos cotados próximos aos cursos hidrográficos em seções altimétricas, medidos no estéreo-restituído comparando o modelo USAF com a base gerada pela aerofotogrametria.

A primitiva obtida para a realização do cálculo de volume para o trecho à jusante de Santarém até a PCH Candongas (USAF) foi insatisfatória devido à baixa qualidade de conservação (Imagens dispositivos impressas em acervo), à grande diferença de datas e à escala ser bem menor que a da aerofotogrametria de 08/11, sendo, portanto, um dado com qualidade inferior à necessária para um cálculo de volume com nível de detalhe satisfatório.

## **8.2 Geomorfologia**

O rompimento da barragem de Fundão envolveu erosão significativa e/ou a subsequente deposição em trechos da bacia do alto Rio Doce, resultando em mudanças na morfologia de alguns trechos de rio. Estão sendo feitos esforços em caráter emergencial para estabilizar as margens dos rios, minimizar a erosão e remobilizar os sedimentos depositados, bem como para compreender o potencial de inundações nestas novas condições.

Com o intuito de fornecer embasamento científico para as ações de estabilização e controle de erosão nas áreas impactadas pelo evento ocorrido na barragem de Fundão, a Samarco contratou a Golder Associates que executou o estudo da geomorfologia da área impactada.

Este estudo envolveu uma descrição de como se deu o transporte de rejeitos e sua deposição ao longo do sistema fluvial, definição do regime de transporte de sedimentos nos rios, identificando as principais fontes de sedimentos e avaliação da carga de transporte de sedimentos no sistema fluvial para as condições pré e pós rompimento.

Uma das principais respostas obtidas deste estudo foi a definição de áreas prioritárias onde devem ser realizadas intervenções para minimizar o aporte de sedimentos no sistema fluvial no próximo período chuvoso.

Estas áreas são listadas a seguir, incluindo exemplos soluções de engenharia que foram avaliadas para contenção e estabilização dos sedimentos em cada uma. Estes exemplos foram definidos a partir de dados preliminares, gerados / analisados no estudo geomorfológico e não representam necessariamente o que será executado em cada área. O serviço de engenharia para proposição das soluções técnicas adequadas para cada área foi realizado, estado as atividades de recuperação em andamento, conforme apresentado na Seção 7.3.2.

- Canal e planície de inundação do Córrego Santarém, próximo a Bento Rodrigues
  - Restabelecer o canal do Córrego Santarém, retirando os rejeitos da área do canal e construindo um canal revestido com largura do leito normal e profundidade do leito normal adequadas;
  - Reconfigurar o contorno da planície de inundação, instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal, e revegetar a planície de inundação do Córrego Santarém;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
  
- Canal e planície de inundação do Rio Mirandinha
  - Restabelecer o canal do Rio Mirandinha, retirando os rejeitos da área do canal e construindo um canal revestido com largura do leito normal e profundidade do leito normal adequadas;
  - Reconfigurar o contorno da planície de inundação, instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal, e revegetar a planície de inundação do Rio Mirandinha;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
  
- Canal e planície de inundação do alto Rio Gualaxo do Norte

- Restabelecer o canal do alto Rio Gualaxo do Norte, retirando os rejeitos da área do canal e construindo um canal revestido com largura do leito normal e profundidade do leito normal adequadas;
  - Estabilizar a extremidade da área de impacto do fluxo de detritos a montante e ligar o canal ao canal não afetado a montante;
  - Reconfigurar o contorno da planície de inundação, instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal, e revegetar a planície de inundação do Alto Rio Gualaxo do Norte;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Canal e planície de inundação do Rio Camargo
    - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
    - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
    - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação BFL-11 do Rio Gualaxo do Norte
    - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
    - Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;
    - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
    - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação BFL-27 do Rio Gualaxo do Norte
    - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
    - Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal.
    - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;

- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação BFL-17 do Rio Gualaxo do Norte
  - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
  - Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;
  - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação BFS-10 do Rio Gualaxo do Norte
  - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
  - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação BFS-26 do Rio Gualaxo do Norte
  - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
  - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação BFS-08 do Rio Gualaxo do Norte
  - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
  - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Planície de inundação NR-06 do Rio Gualaxo do Norte

- Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
- Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos.
- Canal e áreas dos vales do alto Córrego Santarém
  - Revegetar paredes de vales expostas do alto Córrego Santarém;
  - Restabelecer o canal, onde necessário.
- Planícies de inundação NR-04 e CF-05 do Rio Gualaxo do Norte
  - Retirar os rejeitos do rio e revegetar a planície de inundação e as paredes de vales;
  - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários em áreas impactadas pelos rejeitos, onde necessário;
  - Restabelecer e revestir o canal na usina hidroelétrica impactada.
- Planície de inundação a montante do Rio Carmo
  - Retirar os rejeitos do rio e da planície de inundação, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
  - Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;
  - Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos;
  - Estabilizar a extremidade de impacto do fluxo de detritos a montante, onde necessário.
- Planície de inundação BFS-BFL-33 do Rio Carmo
  - Retirar os rejeitos do rio, reconfigurar o contorno da planície de inundação e revegetar a planície de inundação;
  - Instalar controle de erosão superficial e bacias de sedimentação na planície de inundação para controlar o escoamento superficial para o rio principal;



- Revestir as margens externas de curvas de meandros onde ocorreu erosão;
  - Restabelecer tributários e revestir canais de tributários nas planícies de inundação impactadas pelos rejeitos;
  - Remover os rejeitos da cidade e restaurar a cidade e a planície de inundação ao redor de Barra Longa.
- Reservatório de Candonga
- Gerenciar o armazenamento de rejeitos e criar áreas de armazenagem adicionais, onde viável, para sedimentos trazidos de áreas a montante.

O estudo geomorfológico é apresentado em detalhes no documento nº RT-023\_159-515-2282 (Anexo Seção 5.0), incluindo a metodologia de análise, locais estudados e mapas indicativos das áreas consideradas prioritárias para a contenção de sedimentos. A Fundação Renova contratou a Golder Associates para realização dos serviços de engenharia necessários para definir quais ações devem ser tomadas em cada uma das áreas prioritárias, com o objetivo de minimizar o aporte de sedimentos para o sistema fluvial nos próximos períodos chuvosos. Após definição dos projetos de engenharia, as atividades de campo foram iniciadas e encontram-se em andamento, conforme apresentado na 7.3 e tem prazo de execução indicado na Seção 9.8.

### **8.3 Caracterização Geoquímica**

Com o rompimento da barragem de Fundão parte dos rejeitos que estavam contidos nesta estrutura se deslocaram para jusante, alterando as condições físicas do ambiente. Como parte da análise de impactos do evento, fez-se necessária a caracterização geoquímica dos rejeitos, bem como das misturas de solo e sedimentos depositados na rede de drenagem a jusante da barragem de Fundão.

Com o intuito de fornecer embasamento científico para as ações de manejo de rejeitos, a Samarco contratou a Golder Associates que executou a caracterização geoquímica da área que teve contato primário com os rejeitos e pluma de turbidez proveniente do evento ocorrido na barragem de Fundão.

Foi realizada a análise de 310 amostras de rejeito, solo, sedimentos e baseline coletadas desde a região das barragens da Samarco até o oceano Atlântico. As amostras foram submetidas a um programa de testes dividido em duas fases:

1. Fase I – Conhecer a composição dos materiais: Análise da concentração de metais, potencial de geração de ácido, pH e condutividade de pasta, composição mineralógica (Fluorescência de Raio-X), espécies de carbono e nitrogênio;
2. Fase II – Conhecer a reatividade dos materiais: Caracterização mineralógica (Difração de Raio-X e grau de liberação das partículas), ensaios de lixiviação de curto prazo - ABNT 10.005/2004, ABNT 10.006/2004, lixiviação usando a água do rio e do mar, com variação de pH, extração sequencial; e análises de longo prazo – ensaio de coluna e ensaio de célula úmida (estes ensaios em conjunto mostram o potencial de mobilização de metais da fase sólida para a fase aquosa).

Entre as principais conclusões deste estudo destacam-se as seguintes:

Os rejeitos são os materiais com menor concentração de metais traço dentre todos os materiais analisados no trabalho e com menor potencial de liberação de metais para o meio;

As amostras de baseline (amostras coletadas em áreas não afetadas pela deposição de rejeitos) apresentaram as maiores concentrações de metais traço dentre o grupo analisado. Além disso, estas amostras foram as que apresentaram maior potencial de mobilização de metais;

Nenhum dos materiais analisados, incluindo rejeitos, misturas de rejeito com solo e sedimento, apresentou potencial de geração de ácido;

Entre as 52 amostras analisadas para classificação de resíduos, nenhum foi classificada como resíduo perigoso;

Os resultados da composição química e potencial de mobilização de metais dos rejeitos e misturas de rejeito com solo e sedimentos indicam que estes critérios não devem ser limitantes para a tomada de decisão em relação ao manejo de rejeitos.

Em 11 de Outubro de 2016 foi protocolado o Memorando Técnico sobre o método de extração sequencial utilizado no estudo geoquímico, denominado Método Tessier. O memorando descreve a motivação da escolha do método, bem como apresenta uma discussão geral a respeito dos métodos de extração sequencial existentes com as vantagens e desvantagens característicos deles. Concluindo que apesar do método Tessier ter algumas limitações em termos de seletividade (assim como todos os métodos de extração sequencial), a sua utilização no programa de caracterização geoquímica da Samarco é considerada apropriada. Os resultados das extrações Tessier podem ser usados para produzir inferências confiáveis e defensáveis em relação à proveniência de metais-traço, e à disponibilidade ambiental associada. O Memorando Técnico é apresentado nos anexos da seção 5.0.

Os referidos estudos independentes já foram disponibilizados aos órgãos competentes e ainda estão sob análise desses e interna, de modo que ainda podem ser objeto de adequações e otimizações.

## **8.4 Avaliação de Impactos e Definição de Ações de Restauração da Fauna**

### **8.4.1 Conservação da Biodiversidade Aquática**

A presente seção tem como objetivo a definição de diretrizes para a avaliação do impacto sobre a Biodiversidade Aquática devido ao rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão em toda a Área Ambiental 1 e ao longo da costa marinha impactada, incluindo região estuarina.

O ponto de partida desse programa será a realização uma avaliação de impacto para entender e verificar os impactos ocasionados no ambiente. Esses estudos darão subsidio para a tomada de decisão, o processo de avaliação do estado de conservação da biodiversidade aquática e a adoção de medidas de recuperação e conservação da fauna e do ambiente aquático. Para tanto, os seguintes objetivos específicos se aplicam:

- Estudos e monitoramento da ecotoxicologia
- Estudo e monitoramento do ambiente dulcícola

- Estudo e monitoramento do ambiente marinho e estuarino
- Estudo e monitoramento de praias
- Estudo e monitoramento de manguezais
- Megafauna marinha (quelônios, aves e mamíferos)
- Estudo e monitoramento da ictiofauna marinha e estuarina

Conforme definido nos termos das cláusulas 164 e 165 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta, o Programa de Monitoramento deverá ser implementado e executado em um período de 5 anos.

Além disso, em atendimento aos Termos de Referência aprovados pela Câmara Técnica de Biodiversidade “(CTBio)”, que sugerem a utilização da mão de obra especializada das universidades que já vêm trabalhando junto aos órgãos ambientais, a Fundação está firmando convênios com a Universidade Federal do Espírito Santo (“UFES”); Universidade Federal do Rio Grande (“FURG”); e Universidade do Estado do Rio de Janeiro (“UERJ”) para a execução deste monitoramento.

Segundo informações prestadas pelas próprias Universidades, com o intuito de executar esse monitoramento de grandes proporções, foi criada uma rede, chamada REDE DOCE, para viabilizar cooperação técnica entre mais de 23 universidades e ONGs de diferentes partes do Brasil.

Ressalta-se que a proposta deste convênio é que as universidades realizem as coletas, façam as análises do material e elaborem os relatórios técnicos. Este monitoramento será custeado pela Fundação Renova, e supervisionado pelos dos órgãos ambientais competentes (ICMBio, IBAMA, IEMA e IEF).

#### **8.4.1.1 Monitoramento em Caráter Emergencial**

No dia 05/12/16 pesquisadores da UFES iniciaram uma campanha de monitoramento do ambiente marinho na costa do ES, que compreende parte do escopo definido no termo de referência para atendimento à cláusula 165 do TTAC. O trabalho está sendo realizado em conjunto com pesquisadores da FURG, sob orientação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e Instituto Estadual de Meio Ambiente - IEMA, sendo custeado pela Fundação Renova.

A expedição realizará coletas entre Aracruz (ES) e Degredo, no litoral de Linhares (ES), além de análises em Guarapari e na costa sul do estado da Bahia. Esse monitoramento incluirá análises de água, sedimento e organismos vivos - como peixes, camarões e plâncton - com objetivo de aprofundar a avaliação do impacto causado pelos rejeitos de mineração, identificando e caracterizando eventuais mudanças causadas no ambiente marinho e apontando medidas necessárias para sua recuperação.

#### **8.4.2 Conservação da Fauna e Flora Terrestre**

A presente seção tem como objetivo a definição de diretrizes para a avaliação do impacto sobre a Biodiversidade Terrestre devido ao rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão em toda a Área Ambiental 1.

Em linha com o TTAC, foi realizada a avaliação de impactos específica para fauna e flora terrestre sob o risco de extinção, protocolada junto ao Comitê Interfederativo (CIF) e à Câmara

Técnica de Biodiversidade em 27/12/16 (documento RT-031\_159-515-2282\_01-B – Descaract, ver anexos Seção 8.0). Esta avaliação consistiu em uma reconstituição das condições da linha de base utilizando imageamentos remotos prévios ao evento, consulta a especialistas e revisão da literatura disponível, bem como, a avaliação dos vetores de impacto, para determinar como as espécies terrestres ameaçadas de extinção podem ter sido afetadas pelo rompimento da barragem. Para fins de análise, foram também consideradas as espécies constantes nos Anexos I e II da Lista CITES, que versa sobre as espécies afetadas pelo comércio internacional de animais silvestres.

Após a consolidação da linha de base, foi realizada a avaliação de impactos ambientais per se. Foram considerados vetores de impactos válidos as mudanças no meio ambiente causadas pelo rompimento da barragem de Fundão que resultaram em efeitos adversos para espécies terrestres ameaçadas de extinção. Esses efeitos adversos incluem mortalidade, alteração de habitats ou fatores que de alguma outra forma afetem adversamente a sobrevivência e a reprodução.

Após o protocolo formal, será agendada a apresentação dos resultados aos órgãos ambientais para discussão. Para o momento, é apresentada uma síntese dos resultados encontrados por meio do levantamento de dados secundários, os quais servirão de base, em conjunto com outras informações, para a definição de ações de recuperação.

#### **8.4.2.1 *Espécies ameaçadas de extinção e constantes na lista CITES ocorrentes ou de potencial ocorrência na área de estudo***

O levantamento mostra que foram identificadas 347 espécies terrestres ameaçadas de extinção ou constantes na Lista CITES ocorrentes ou potencialmente ocorrentes na área de estudo, e que poderiam ter sido impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. Plantas, mamíferos (incluindo os morcegos) e aves foram os grupos com maior número de espécies terrestres ameaçadas de extinção potencialmente afetadas pelo rompimento da barragem (Figura 54). Os invertebrados também estão representados, porém em números pequenos. O menor número de espécies de invertebrados identificadas provavelmente tem relação, ao menos em parte, com a menor disponibilidade de informação para muitos dos grupos analisados.

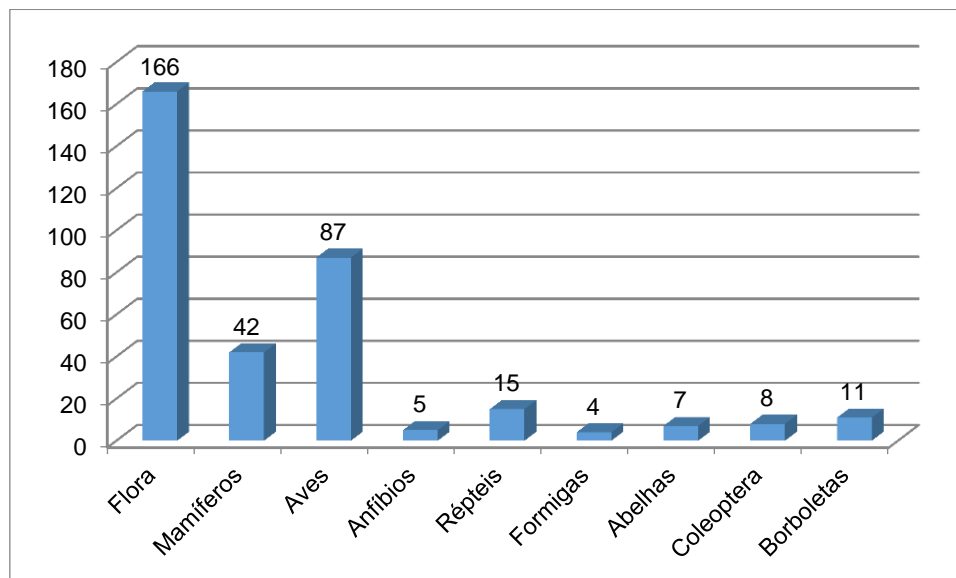


Figura 54 - Número de espécies ameaçadas ou constantes da Lista CITES potencialmente afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. Fonte: Golder (2016).

Segundo Golder (2016), o número de espécies terrestres ameaçadas de extinção ou na Lista CITES identificado por meio dos dados secundários tem relação com dois principais fatores: 1) a grande extensão geográfica da área sob análise e 2) a presença de ecossistemas ameaçados na área em que incidiram impactos potenciais ou conhecidos.

A área de estudo considerada nessa avaliação abrange 613.484 ha, estendendo-se a partir da origem dos impactos, junto à barragem de Fundão, até o oceano Atlântico. Esta área inclui diferentes biomas e uma variedade de ecossistemas que sustentam uma rica biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas de extinção/Lista CITES. Os impactos do rompimento da barragem de Fundão incidiram sobre a Mata Atlântica e ecossistemas associados, por isso a maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção/Lista CITES consideradas neste estudo tem distribuição restrita ou majoritariamente relacionada à Mata Atlântica.

O Segmento 4 da Área de Estudo é o que abriga o maior número de espécies da flora e fauna ameaçadas de extinção/Lista CITES, provavelmente devido aos maiores índices de biodiversidade das formações florestais ombrófilas da Mata Atlântica. Algumas das subregiões da Mata Atlântica, notadamente as de cobertura florestal ombrófila densa, são reconhecidas como centros de endemismo do bioma. Um destes centros de endemismo, conhecido como “Centro Bahia”, abrange partes do Espírito Santo (onde se localiza o Segmento 4 da Área de Estudo) e contém conjuntos endêmicos de diferentes grupos taxonômicos, incluindo vertebrados terrestres, borboletas florestais e plantas (Silva & Casteleti, 2005).

O Segmento 2 da Área de Estudo também contém um grande número de espécies terrestres ameaçadas de extinção/Lista CITES. Aparentemente, a principal razão para este fato é a presença do maior remanescente contínuo de floresta estacional semidecidual em toda a área de estudo, o Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Outras porções do Segmento 2 da Área de Estudo são fortemente afetadas pela ação humana e contém poucos remanescentes florestais e poucas espécies ameaçadas de extinção/Lista CITES. Similarmente, o Segmento 3 da Área de Estudo é predominantemente tomado por áreas de uso agropecuário ou habitats

degradados e contém o menor número de espécies ameaçadas de extinção/Lista CITES identificado em toda a área de estudo.

O Segmento 1 da Área de Estudo apresentou menos espécies da flora ameaçadas de extinção/Lista CITES que os Segmentos 2 e 4, porém mais do que o Segmento 3. Para a fauna, o Segmento 1 da área de Estudo apresentou o menor número de espécies ameaçadas de extinção/Lista CITES. A maioria das espécies terrestres ameaçadas de extinção/Lista CITES que ali ocorrem estão associadas a remanescentes de Mata Atlântica de propriedade de empresas do setor minerário e a outros ecossistemas nativos, como os campos rupestres.

Para atender ao propósito de avaliação de impactos e monitoramento de populações e comunidades de fauna nos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, será realizado também um levantamento de dados primários para a fauna de vertebrados e invertebrados que está sendo alinhada com os órgãos ambientais para atendimento a notificação do IBAMA 678322-E. Após esta etapa da avaliação de impactos, caracterizada pela coleta de informações em campo tanto em áreas afetadas ou potencialmente afetadas quanto em áreas de referência, será proposto um Plano de Ação para Conservação das espécies tidas como impactadas pelo evento do rompimento da barragem.

#### **8.4.2.2 Avaliação dos vetores de impacto**

Segundo Golder (2016), a bacia do Rio Doce já se encontrava significativamente alterada pelos efeitos cumulativos de uma série de fontes antropogênicas ao longo dos últimos 200 anos, incluindo impactos decorrentes da agricultura intensiva e do desenvolvimento industrial (e.g. mineração e silvicultura). Isto é atestado quando observados os padrões de uso do solo e cobertura vegetal na área de estudo antes do rompimento da barragem. Golder (2016) menciona que a cobertura de ecossistemas terrestres naturais representava apenas 18% desta área, sendo o restante composto por 20,3% de áreas degradadas, 4,8% de ambientes aquáticos e 57,4% de usos antrópicos (Tabela 11).

Tabela 11 - Caracterização do Uso e Ocupação do Solo e Cobertura Vegetal na Área de Estudo, em Situação Anterior ao Rompimento da Barragem de Fundão. Fonte: Golder (2016)

Categoria	Classe	Total na Área de Estudo	
		ha	%
Natural	Afloramento rochoso	1.662	<1
	Áreas úmidas	10.901	2
	Floresta densa	85.052	14
	Campo rupestre / Campo sujo	4.359	<1
	Praia	119	<1
	Restinga arbórea	1.036	<1
	Restinga arbustiva	753	<1
	Banco de areia	3.660	<1
Degradado	Vegetação aberta e regeneração florestal	72.711	12
	Floresta estacional semidecidual degradada	21.522	4
	Floresta misturada com eucalipto	7.908	1



Categoria	Classe	Total na Área de Estudo	
		ha	%
	Mosaico de florestas degradadas / em regeneração / pasto sujo	18.228	3
	Silvicultura recém-colhida	4.328	<1
Antropogênico	Silvicultura	48.558	8
	Pasto / pasto sujo / cultivo	287.361	47
	Área antropizada	3.456	<1
	Área urbana	12.611	2
Aquático	Curso d'água	17.583	3
	Lago	7.233	1
	Lagoa / açude	257	<1
	Reservatório	4.156	<1
Sem dados	Nuvem / sombra	29	<1
<b>Total</b>		<b>613.484</b>	<b>100</b>

Neste contexto entende-se que, em alguns casos, a compreensão dos vetores de impacto do rompimento da barragem de Fundão foi relativamente simples (e.g. medir a área de ecossistemas diretamente removidos pelo rompimento da barragem), enquanto em outros casos tal compreensão é mais complexa (e.g. distinguir entre os riscos químicos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão e os riscos químicos já existentes na bacia do Rio Doce antes desse evento, como resultado do desenvolvimento urbano/industrial anterior e atual).

Foram identificados e avaliados nove vetores de impacto sobre a biota terrestre ameaçada de extinção/Lista CITES, sendo oito considerados válidos (ou seja, significativos ou relevantes). Um vetor não válido é aquele para o qual não se espera efeito sobre as espécies analisadas (Golder, 2016). O único vetor considerado não válido foi "Mortalidade ou Morbidade por Metais e Outros Químicos Liberados no Ambiente". Esta conclusão foi calcada em estudos robustos voltados ao entendimento da composição química dos rejeitos da Barragem de Fundão e a qualidade da água, do solo e dos sedimentos presentes no rio Doce antes e depois do rompimento. Segundo Golder (2016), estas conclusões mostram de forma clara e consistente que os rejeitos não continham substâncias capazes de causar mortalidade ou morbidade das espécies terrestres ameaçadas de extinção e também que não foram remobilizadas a partir dos sedimentos preexistentes. Nos casos em que foram encontrados metais como o arsênio na água ou no solo, estes estavam relacionados a outros fatores que não os impactos resultantes do rompimento da Barragem de Fundão.

O Quadro 2 apresenta os vetores de impacto identificados, sua caracterização e mensuração.

**Quadro 2** - Vetores de impacto sobre a fauna e flora terrestre ameaçados de extinção/Lista CITES identificados na área de estudo. Fonte: Golder (2016).

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
Perda de ecossistemas resultante da erosão e deposição de rejeitos	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Alta	Muito Alta
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Mudanças na condição do ecossistema em função da erosão e deposição	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Média	Alta
	2	Real	Negativa	Temporário - médio prazo	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	3	Real	Negativa	Temporário - médio prazo	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	4	Real	Negativa	Temporário - médio prazo	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
Alterações na conectividade	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Alta	Muito Alta

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
resultantes da perda de ecossistemas ou de alterações na condição dos ecossistemas	2	Potencial	Negativa	Temporário - imediato	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Baixa	Média
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Mortalidade causada por inundação	1	Real	Negativa	Temporário - imediato	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Alta	Muito Alta
	2	Potencial	Negativa	Temporário - imediato	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Baixa	Média
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Mortalidade pela deposição de rejeitos	1	Real	Negativa	Temporário - imediato	Contínuo	Direta	Curto prazo	Reversível	Local	Alta	Média	Alta
	2	Real	Negativa	Temporário - imediato	Contínuo	Direta	Curto prazos	Reversível	Local	Alta	Baixa	Média
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Mortalidade ou morbidade por metais e outros químicos liberados no ambiente	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não Válido
Sobrevivência ou sucesso reprodutivo reduzidos devido a alterações nas cadeias alimentares a partir dos ambientes aquáticos	1	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
	2	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
	3	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta
	4	Real	Negativa	Temporário - longo prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Alta	Muito Alta

Vetor de Impacto	Segmento da Área de Estudo	Critérios										
		Ocorrência	Natureza	Duração	Frequência	Incidência	Prazo para Ocorrência	Reversibilidade	Extensão Geográfica	Importância	Magnitude	Significância
<b>Efeitos sobre o sucesso reprodutivo de plantas em função de alterações na abundância de insetos polinizadores provenientes do ambiente aquático</b>	1	Potencial	Negativa	Temporário - curto prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	2	Potencial	Negativa	Temporário - curto prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	3	Potencial	Negativa	Temporário - curto prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	4	Potencial	Negativa	Temporário - curto prazo	Contínuo	Indireta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
<b>Redução na eficiência de forrageamento em função de alterações na qualidade da água</b>	1	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazo	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Média	Alta
	2	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazo	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Média	Alta
	3	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazo	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média
	4	Potencial	Negativa	Temporário - médio prazo	Cíclico	Direta	Curto prazo	Reversível	Regional	Alta	Baixa	Média

Cabem alguns comentários sobre os vetores de impacto identificados. Primeiro, observa-se que dois dos oito vetores considerados válidos são de ocorrência “Potencial”, ou seja, considera-se que o impacto ocorreu apesar de não ter sido documentado em campo. É um grau de confiabilidade menor que o impacto de ocorrência “Real” e pode suscitar dúvidas sobre sua relação com um aspecto ambiental originado do rompimento da barragem.

Segundo, todos os impactos válidos identificados têm duração temporária e são reversíveis. Isto configura um cenário futuro de amplas possibilidades na recuperação da fauna e flora ameaçadas/Lista CITES afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão.

## 8.5 Monitoramento de Qualidade da Água e Sedimentos

Com o rompimento da barragem de Fundão, parte dos rejeitos que estavam contidos nesta estrutura se deslocou para jusante, entrando em contato com o córrego Santarém, rio Gualaxo do Norte e seus tributários, rio do Carmo e seus tributários, rio Doce e região costeira próxima à foz. Como parte da análise de impactos do evento ocorrido na barragem de Fundão, a Samarco contratou laboratórios acreditados pelo INMETRO (entre eles, trabalham ou trabalharam no monitoramento da bacia do rio Doce / mar os laboratórios LIMNOS, SGS GEOSOL, APLYSIA, TOMMASI, INOLAB, BIOAGRI, LABB e CORPLAB).

Atualmente, existem 120 pontos de monitoramento, distribuídos no Rio Doce e seus afluentes, lagoas e zona costeira do Espírito Santo. Os resultados são encaminhados periodicamente a diversos órgãos ambientais. Até o momento, foram gerados mais de 2.000.000 resultados de medição, apresentados em mais de 80.000 laudos de análises. Os pontos são distribuídos conforme a Tabela 12:

Tabela 12 – Sumário dos pontos de monitoramento e os órgãos solicitantes.

CATEGORIA	QTD. PONTOS	SOLICITANTE
<b>RIO DOCE</b>	<b>37</b>	
IBAMA – RIO DOCE	17	IBAMA – NOTA TECNICA 02001.002345/2015-16 DIPRO/IBAMA
IBAMA – DIQUE S3 e Rio do Carmo	7	OF02001.004880/2016-84 DBFLO/IBAMA
IEMA – RIO DOCE	5	IEMA
Monitoramento de Lagoas	8	
<b>AFLUENTES DE RIO</b>	<b>11</b>	
ANA – AFLUENTES RIO DOCE	8	ANA
FUNAI e SESAI - ARACRUZ	3	TTAC - Acordo Índios Tupiniquins e Guarani
<b>OUTROS</b>	<b>9</b>	
MP MG – Novo Bento Rodrigues	9	Parecer Técnico MP MG
<b>MARINHO</b>	<b>31</b>	
IEMA (ADITIVO)	5	MP ES – OFICIO 102-2016
MP ES (FOZ DO RIO, APA, TRANSECTOS, ADCP e CTD).	26	MP ES – TCSA ANEXO I
<b>TURBIDEZ</b>	<b>26</b>	
IBAMA - RIO DOCE	23	IBAMA – NOTA TECNICA 02001.002345/2015-16 DIPRO/IBAMA
IBAMA - CANDONGA	5	IBAMA – NOTIFICAÇÃO 8266-E



Esse plano de monitoramento será realizado até que o “Programa de Monitoramento Quali-quantitativo da Água e dos Sedimentos no Rio Doce” seja, em sua versão final, aprovado pelo CIF e que se transcorra em tempo hábil para adequação do mesmo.

### 8.5.1 Pontos de Monitoramento do Rio Doce

Os pontos de monitoramento da qualidade da água e sedimentos estão distribuídos ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, lagoas de Linhares-ES, áreas indígenas e zona costeira do norte do Espírito Santo. Ao todo são 114 pontos de monitoramento que estão representados especialmente na

Figura 55 e Figura 56:



Figura 55 - Pontos de Coleta e análise de sedimento.

Visão geral sobre o plano de monitoramento do rio Doce:

- **Iniciado em:** 06/11/2015
- **Pontos de amostragem:** 38
- **Frequência:**
  - Água: Semanal;
  - Sedimento: Quinzenal;
  - Turbidez: diária.
- **Parâmetros:**
  - Água: CONAMA 357/2005 – Classe 2 para água doce, com exceção da lista de parâmetros orgânicos + Sólidos Suspensos Totais;
  - Sedimento: CONAMA 454/2012, com exceção da lista de parâmetros orgânicos.

O plano de monitoramento detalhado, análise dos resultados e conclusões são apresentados em detalhes no documento “PLANO DE MONITORAMENTO MARINHO E RIO DOCE.rev39” (Anexo Seção 8.0).



Figura 56 - Pontos de monitoramento de Turbidez e ETA's.

### 8.5.1.1 Coleta e Análises

As coletas de amostras e análises de água e sedimento são todas realizadas por laboratórios acreditados nos termos da ABNT NBR ISO/IEC 17025/2015 junto ao Instituto Nacional de Metrologia. Os laboratórios utilizam as técnicas de amostragem e preservação de água e sedimentos, e seguem as prescrições do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da ANA - Agência Nacional das Águas 2012, ou as normas da Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

Os parâmetros de qualidade da água analisados incluem parâmetros convencionais, principais íons, nutrientes, e metais totais e dissolvidos. Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais e metais totais.

Os parâmetros analisados para cada ponto de amostragem são descritos no Plano de Monitoramento do Rio doce e Marinho (Ver anexos Seção 8.0), as análises são realizadas as melhores práticas e com base nos limites de quantificação que permitem uma comparação efetiva com os padrões de qualidade de água (CONAMA 357/2005 e COPAM/ CERH-MG 01/2008) e níveis de classificação para sedimentos (CONAMA 454/2012).

São feitos, também, testes de ecotoxicidade crônica na água utilizando os organismos: Ceriodaphnia Dubia, Echinometra lucunter e Skeletonema costatum. Também são realizados testes de ecotoxicidade crônica nos sedimentos utilizando o organismo-teste Hyalella azteca e Grandidierella bonnieroides, além de ecotoxicidade aguda na água utilizando os organismos: Danio Rerio, Daphnia Similis e Vibrio fischeri.

O monitoramento diário de turbidez é realizado por colaboradores da Fundação com uso de turbidímetros modelo DM-TU da marca Digimed. Esses aparelhos são certificados pelo fabricante e monitorados pelo sistema de metrologia. Antes da realização das medições, o equipamento tem sua calibração avaliada com padrões certificados e, caso seja necessário, será calibrado. Após a coleta, a amostra é homogeneizada e uma alíquota é retirada e transferida para a cubeta do turbidímetro previamente lavada com água do local (feito ambientação). Posteriormente, são realizadas três leituras de turbidez, e os valores são armazenados e disponibilizados para visualização em softwares específicos de gestão de dados. O erro aceitável nas medidas é de 5% do valor apresentado pela leitura de acordo com o fabricante do turbidímetro.

## **8.5.2 Monitoramento Hídrico do Rio Doce – Qualidade da Água**

As principais conclusões destas análises corroboram com o que foi observado na caracterização geoquímica da área impactada, ou seja, os rejeitos não trouxeram um aumento na concentração de metais traço para o ambiente aquático. Em relatório emitido em dezembro de 2015 (Documentos “Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Rio Doce no Estado de Minas Gerais”, Ver Anexo Seção 8.0), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, conclui que durante a passagem da pluma de turbidez, houve uma elevação de curto prazo na concentração de alguns metais em água, associada à ressuspensão de sedimentos presentes no leito do rio. Em dezembro de 2015, baseado em análises realizadas em novembro daquele ano, menos de 30 dias após o rompimento da barragem de Fundão o Serviço Geológico do Brasil e a Agência Nacional de Águas – ANA emitiram relatório indicando que, após elevação inicial na concentração de metais, as amostras de água coletadas ao longo do rio Doce não mais evidenciaram a presença de metais dissolvidos em quantidades que poderiam considera-las como contaminadas (Ver anexo Seção 8.0).

Após o acidente de 5 de novembro de 2015, a CPRM, em conjunto com a ANA, elaborou um programa de monitoramento na Bacia do Rio Doce, visando o levantamento de dados e informações sobre o evento. O objetivo deste programa consistia em monitorar os impactos do rompimento da barragem de Fundão ao longo de toda a Bacia. Os principais estudos realizados foram:

- Acompanhamento da onda da cheia decorrente da ruptura da barragem;
- Calibração de modelo de previsão de Turbidez na calha do rio Doce;
- Coleta de amostras de água e sedimento de corrente, desde a área da barragem na bacia do rio Gualaxo Norte até a foz no rio Doce;
- Coleta de amostras diárias simultâneas de água para análise de parâmetros in loco, a cada dois dias para análise de água e a cada quatro dias para análise de sedimento de corrente, em 7 pontos da bacia desde a bacia do Gualaxo Norte até a foz do rio Doce;
- Realização de: medição de vazões, levantamento de perfil transversal, coleta dos parâmetros de QA ao longo da seção, amostragem de sedimentos em suspensão e de fundo nas estações fluviométricas da RHN, localizadas na calha do rio Doce;

As principais conclusões destes estudos mostram:

- Não foram identificadas diferenças significativas na relação cota x vazão das estações fluviométricas, que significa que não haverá alteração da curva chave decorrente da ruptura da barragem;
- Não houve deposição significativa de sedimentos nas seções medidoras das seções das estações fluviométricas pertencentes à RHN, situadas na bacia do rio Doce;



- As análises indicam que já houve melhora na qualidade da água desde a ruptura da barragem;
- Os valores de concentração de sedimentos em suspensão, da ordem de centenas a unidades de milhares de mg/L, registrados na quarta campanha são compatíveis com os valores registrados na operação da RHN em época de cheia;
- Foram verificadas diferenças significativas, de até duas vezes, do diâmetro D90% dos sedimentos em suspensão nas estações a montante de Governador Valadares, ou seja, a montante do reservatório de Baguari. Entretanto, os diâmetros característicos das amostras em suspensão coletadas na quarta campanha são ligeiramente inferiores aos diâmetros das amostras coletadas na primeira campanha;
- A maior parte dos sedimentos mais finos ficou depositada na região de Governador Valadares, devido à existência de um trecho de baixa velocidade de escoamento;
- De um modo geral, os teores dos elementos químicos detectados nas amostras integradas e nas coletadas nas margens não mostraram diferenças significativas. Assim como nas campanhas anteriores, não foram detectados teores de metais, considerados tóxicos, dissolvidos nas amostras de água coletadas.
- Os resultados analíticos das amostras de sedimentos mostram que os maiores valores de concentração de As estão situados a montante e decrescem no sentido de jusante da bacia.
- Os valores registrados de Turbidez na quarta campanha estão ainda muito acima dos valores registrados na operação da RHN nas mesmas condições de fluxo, especialmente para valores de vazão mais baixos, inferiores a 200m<sup>3</sup>/s;

Todos os relatórios da CPRM encontram-se disponíveis no site:

<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Eventos-Criticos/Monitoramento-Especial-do-Rio-Doce-4057.html>

### **8.5.2.1 Qualidade da Água (Fundação renova) – Parâmetros Físico-Químicos**

Para análise dos resultados físico-químicos foram definidos os parâmetros de interesse. O critério para definição dos parâmetros de relevância foi:

- Parâmetros que foram diretamente impactados pela passagem da pluma de rejeito. (Relatório Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão, Plano de Recuperação Ambiental (ver anexos Seção 8.0): entendimento dos impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão);
- Parâmetros identificados na caracterização geoquímica do rejeito (Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos – Relatório Final (ver anexos seção 5.0): entendimento das características geoquímicas do rejeito);
- Parâmetros que apresentaram frequências de não conformidades em mais de 5% em um ou mais pontos de amostragem; e,
- Parâmetros que são monitorados e reportados no relatório do IGAM (RELATÓRIO TÉCNICO Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG, publicado pelo IGAM em outubro de 2016), ver anexos Seção 8.0.

Dessa forma, os parâmetros definidos para análise da qualidade da água estão dispostos na tabela abaixo:

- |                               |                       |               |
|-------------------------------|-----------------------|---------------|
| ▪ pH                          | ▪ Cor Verdadeira      | ▪ Cromo Total |
| ▪ Turbidez                    | ▪ Alumínio Dissolvido | ▪ Arsênio     |
| ▪ Oxigênio Dissolvido         | ▪ Ferro Dissolvido    | ▪ Cádmio      |
| ▪ Fósforo Total               | ▪ Manganês Total      | ▪ Cobre       |
| ▪ Sólidos Totais em Suspensão | ▪ Níquel Total        | ▪ Zinco       |
|                               | ▪ Chumbo Total        |               |

De acordo com os últimos resultados observados:

- O oxigênio dissolvido encontra-se acima do limite mínimo regulatório porém com algumas ocorrências abaixo da concentração mínima histórica;
- A Turbidez e Sólidos Suspensos Totais apresentaram-se dentro da faixa histórica, apesar de terem sido observadas algumas ocorrências acima do limite regulatório;
- Fósforo, Cor Verdadeira, Alumínio dissolvido, Ferro dissolvido e Manganês Total apresentaram algumas ocorrências de concentrações acima da máxima histórica e do limite regulatório (Al, Fe e Mn somente em GV);
- Níquel, Chumbo, Cromo, Arsênio, Cádmio e Cobre apresentaram concentrações abaixo do limite regulatório e da máxima histórica;
- Zinco apresentou algumas ocorrências acima da concentração máxima histórica, mas abaixo do limite regulatório.

#### 8.5.2.2 **Qualidade da Água (Fundação renova) – Ecotoxicidade**

O plano de monitoramento prevê análises de toxicidade aguda e crônica. Os seguintes organismos foram utilizados:

- I. Toxicidade aguda:
  - a. Danio Rério;
  - b. Daphia Similis;
  - c. Vibrio Fischeri;
  - d. Grandidirella Bonnieroides.
- II. Toxicidade Crônica:
  - a. Echinometra Lucunter
  - b. Ceriodaphnia Dubia

Conforme demonstrado na Figura 46, os resultados de toxicidade aguda demonstraram, quase em sua totalidade, ausência de toxicidade aguda ao longo de toda a extensão do Rio Doce.

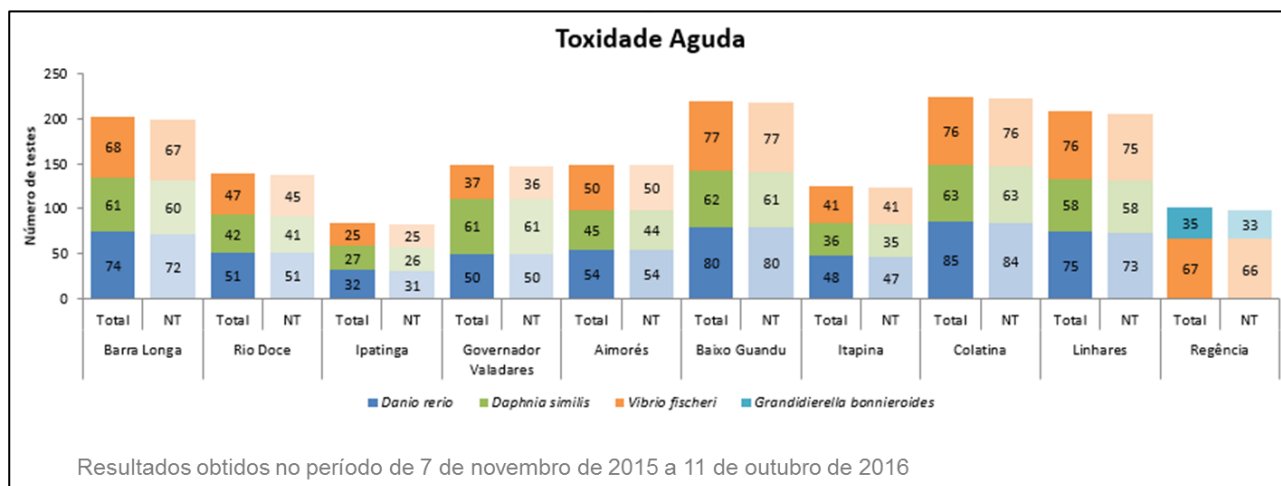


Figura 57 - Ecotoxicidade aguda - Total: número de ensaios realizados. NT: Não Tóxico

Os testes de toxicidade crônica demonstram que, os efeitos observados durante os testes com *C. dubia* em amostras de água não filtradas desapareceram após o tempo necessário para ocorrer a sedimentação da amostra. Esse padrão sugere uma reação a um estresse físico, ao invés de uma resposta a um efeito químico.

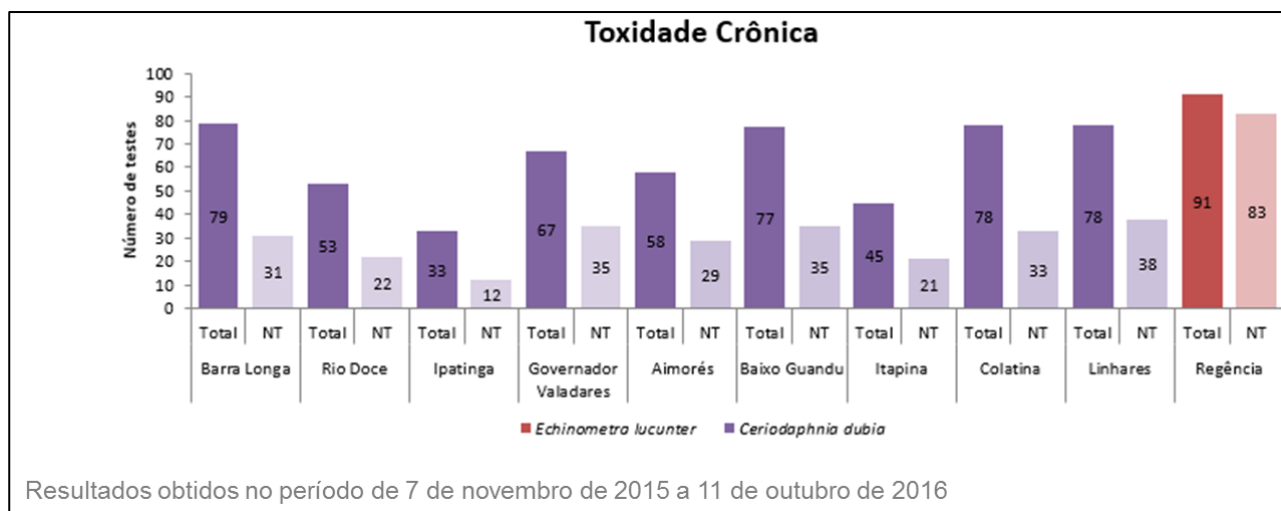


Figura 58 - Ecotoxicidade crônica - Total: número de ensaios realizados. NT: Não Tóxico

### 8.5.3 Monitoramento Hídrico do Rio Doce (Fundação renova) – Qualidade dos Sedimentos

Para análise dos resultados físico-químicos foram definidos os parâmetros de interesse. O critério para definição dos parâmetros de relevância foi:

- Parâmetros que foram diretamente impactados pela passagem da pluma de rejeito. (Relatório Rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão, Plano de Recuperação Ambiental, ver anexos Seção 8.0): entendimento dos impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão);



- Parâmetros identificados na caracterização geoquímica do rejeito (Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos , ver anexos Seção 8.0): entendimento das características geoquímicas do rejeito);
- Parâmetros que apresentaram frequências de não conformidades em mais de 5% em um ou mais pontos de amostragem; e,
- Parâmetros que são monitorados e reportados no relatório do IGAM (RELATÓRIO TÉCNICO Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG, publicado pelo IGAM em outubro de 2016, ver anexos Seção 8.0).

Dessa forma, os parâmetros definidos para análise da qualidade da água estão dispostos na tabela abaixo:

- Ferro
- Alumínio
- Manganês
- Arsênio
- Cádmio
- Cromo
- Chumbo
- Cobre
- Mercúrio
- Níquel
- Zinco

I. Analisando-se os resultados obtidos no monitoramento, verifica-se que:

a) No geral, os metais que possuem limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 estão abaixo do Nível 2 ou das concentrações máximas históricas observadas, com exceção para:

- Arsênio: uma ocorrência em Governador Valadares
- Cádmiio: duas ocorrências em Rio Doce e duas em Linhares
- Cromo: duas ocorrências em Ipatinga, 3 em Governador Valadares e uma em Baixo Guandu
- Mercúrio: duas ocorrências em Rio Doce e quatro em Governador Valadares
- Níquel: duas ocorrências em Rio Doce, duas em Governador Valadares, duas em Baixo Guandu e uma em Linhares.

b) No geral, os metais que possuem limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 454/2012 estão abaixo do Nível 2 ou das concentrações máximas históricas observadas, com exceção para:

- Arsênio: uma ocorrência em Governador Valadares
- Cádmiio: duas ocorrências em Rio Doce e duas em Linhares
- Cromo: duas ocorrências em Ipatinga, 3 em Governador Valadares e uma em Baixo Guandu
- Mercúrio: duas ocorrências em Rio Doce e quatro em Governador Valadares
- Níquel: duas ocorrências em Rio Doce, duas em Governador Valadares, duas em Baixo Guandu e uma em Linhares.

Mercúrio e Cádmiio apresentaram a maioria dos resultados abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

## 8.6 Qualidade do ar

Com o rompimento da barragem de Fundão, rejeitos e outros materiais sólidos carregados pelo seu escoamento foram depositados ao longo das margens de rios e áreas adjacentes afetados. Os rejeitos e a maior parte do material carregado consistem de material granular que são susceptíveis às emissões fugitivas de material particulado causadas por erosão eólica se esse material ficar exposto, sem cobertura vegetal. Essas emissões fugitivas podem causar alteração das concentrações atmosféricas de material particulado. Fatores que contribuem para essas emissões incluem a velocidade do vento na superfície exposta e o teor de umidade do material, bem como a área total de superfície exposta.

Outro potencial impacto à qualidade do ar associadas ao rompimento da barragem de Fundão está relacionado a emissões atmosféricas resultantes ações de recuperação realizadas pela Samarco e suas contratadas.

Considerando os potenciais impactos à qualidade do ar resultantes de rompimento da barragem de Fundão, a Samarco definiu um programa de monitoramento focado no município de Barra Longa, onde se verifica o maior número de pessoas que poderiam estar expostas às emissões proveniente dos rejeitos e atividades de recuperação. Esse programa incluiu a instalação de uma estação de automática móvel de monitoramento de qualidade do ar e de condições meteorológicas de superfície no núcleo urbano de Barra Longa (instalada pela empresa EcoSoft Consultoria e Softwares Ambientais e o monitoramento foi efetivamente iniciado em 18/02/16).

Entre os principais resultados do monitoramento da estação automática de qualidade do ar de Barra Longa destaca-se a seguinte:

No período analisado (18/02/2016 a 30/09/2016) não houve violação dos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA nº03/1990 para os poluentes regulamentados pela legislação brasileira (PM10 e PTS). Para o poluente PM2,5, cujo monitoramento em Barra Longa-MG foi iniciado em 16/05/2016, apesar da inexistência de limites legais vigentes em âmbito nacional e no Estado de Minas Gerais, as médias de 24 horas do PM2,5 obtidas no período situaram-se em níveis inferiores ao limite estabelecido pelo Decreto Estadual de São Paulo nº 59113/2013, pelo padrão de qualidade do ar estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (USEPA) e também permaneceram em níveis inferiores ao limite preconizado pela Organização Mundial da Saúde.

Além do monitoramento indicado acima, um estudo utilizando monitores de aerossol para determinar a concentração de material particulado na atmosfera em vários pontos em Barra Longa foi realizada pela empresa NewFields entre 23 e 28 de junho de 2016.

Entre as principais conclusões do estudo realizado pela NewFields destaca-se a seguinte:

As concentrações médias de material particulado detectadas em todos os locais contendo rejeitos foram menores do que a medição simultânea de concentrações de partículas na estação de monitoramento da qualidade localizada fora da área impactada. Isso evidencia que os locais onde há rejeitos depositados, a pilha de rejeitos no Parque de Exposições e os locais de escavação de rejeitos ao longo do rio não são contribuintes para as concentrações de material particulado medidas pela estação de monitoramento do ar em Barra Longa.

O plano de monitoramento detalhado, análise dos resultados e conclusões são apresentados em detalhes no documento nº RT-023\_159-515-2282, (Anexo Seção 5.0).

## 8.7 Documentos de Referência da Seção 8.0

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
G001600-O-1MC001	Germano Geral, Barragem de Fundão, Volume de rejeito movimentado Pós-Ruptura - Memória de Cálculo	HGT	
ART HGT	ART da empresa HGT		Julho/16
Relatórios externos de monitoramento	Relatórios da ANA / CPRM e IGAM de monitoramento de água e sedimentos na bacia do rio Doce	-	-
PLANO DE MONITORAMENTO MARINHO E RIO DOCE.rev39	Estrutura do plano de monitoramento de água e sedimentos em execução pela Fundação Renova	F. Renova	Nov/16
RT-002_159-515-2282_01-J	Plano de recuperação ambiental	Golder	Fev/16

## 9.0 ATIVIDADE DE RECUPERAÇÃO E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL

Nesta seção são apresentados os estudos em andamento com foco na recuperação ambiental de médio e longo prazo.

### 9.1 Manejo de rejeitos

Após o rompimento da barragem de Fundão em 05 de novembro de 2015, diversas atividades foram realizadas em relação ao manejo de rejeitos, com o objetivo principal de permitir que a população pudesse voltar à sua rotina e que pudessem ser reestabelecidas as atividades industriais e agropecuárias na região. Além disso, ocorreram debates com os órgãos ambientais competentes para definição de diretrizes para elaboração de um plano de manejo de rejeitos.

O histórico com os principais marcos relacionados ao manejo de rejeitos é apresentado de forma sumarizada na Figura 59

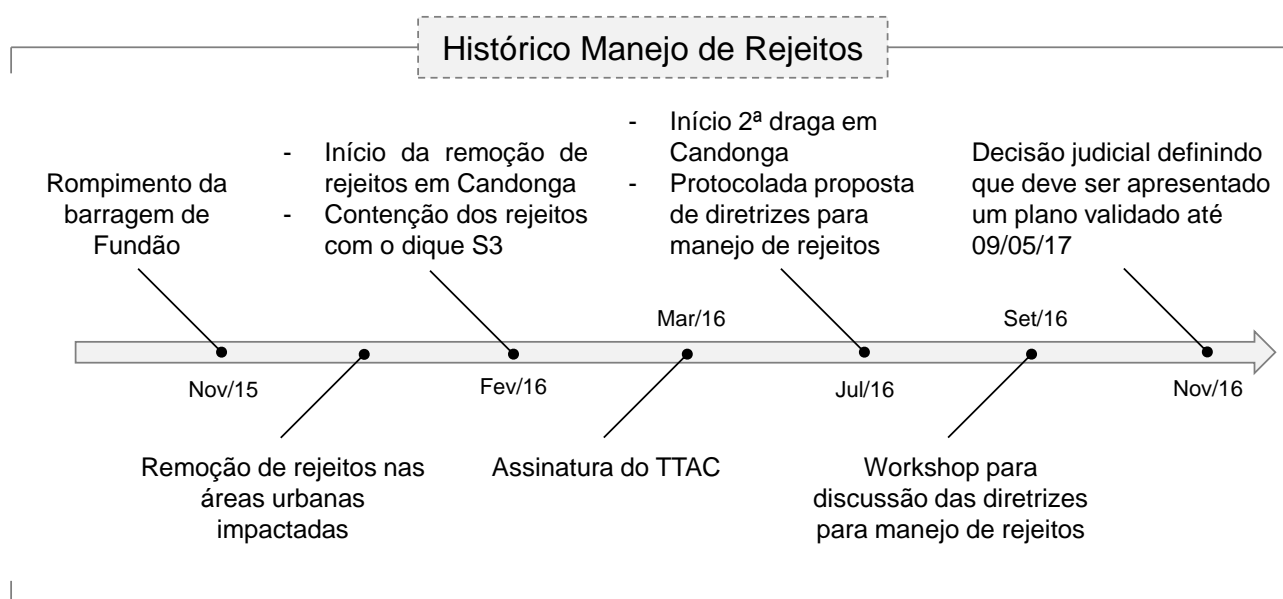


Figura 59 - Histórico das atividades relacionadas ao manejo de rejeitos.

Em meio às tratativas que encontravam-se em andamento entre a Fundação Renova e a Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos para definição das diretrizes para manejo dos rejeitos, as mantenedoras da Fundação Renova (Samarco, Vale e BHP Billiton) receberam uma notificação judicial para que seja apresentado até 09/05/17 um plano de manejo de rejeitos validado pelos órgãos ambientais competentes. Para elaboração deste plano de manejo de rejeitos está sendo formado um grupo de trabalho composto por representantes da Fundação Renova, suas mantenedoras, órgãos ambientais como o IBAMA, SEMAD e IEMA, profissionais de notório saber, peritos indicados pelo judiciário, especialista indicado pelo ministério público e empresas de consultoria ambiental.

A primeira reunião do grupo de trabalho para definição do plano de manejo de rejeitos está prevista para a última semana de janeiro, quando será realizado um workshop para contextualização do que já foi realizado até então, consolidação dos objetivos do grupo, discussão da metodologia de trabalho e definição da estrutura do plano de manejo. Após a realização do workshop será acordado o cronograma para conclusão das atividades do grupo de trabalho que prevê a entrega do plano para aprovação dos órgãos ambientais na primeira quinzena de março/17.

## 9.2 Recuperação da “Área Ambiental 1”

Como descrito no capítulo 5.4 deste documento, o plano de recuperação ambiental das áreas impactadas pelos rejeitos da barragem de Fundão contempla a recuperação do meio físico (na área onde houve deposição de rejeitos dentro e fora das calhas dos rios, identificada como ÁREA AMBIENTAL 1), diagnóstico de impactos à fauna, tanto aquática quanto terrestre e ações de conservação para reparação dos impactos mapeados.

Em relação à recuperação dos impactos ao meio físico, diversas atividades foram iniciadas em caráter emergencial nos primeiros meses após a ruptura da barragem de Fundão, como a criação e recuperação de acessos, cobertura inicial dos rejeitos com gramíneas e leguminosas para controle de erosão, recuperação de tributários e a reconformação das planícies e calhas dos rios para controle de erosão nas áreas prioritárias.

O controle de danos ambientais nas margens e calha do Rio Gualaxo do Norte tem como foco principal a contenção de sedimentos, por meio de aplicação de técnicas de estabilização de margens, bioengenharia e recuperação dos tributários impactados. Estas atividades terão manutenção visando otimizar sua eficácia e poderão sofrer ajustes de acordo com os resultados das avaliações da forma de manejo do material depositado nas margens e calha do rio e seus tributários. Estas avaliações apresentarão respostas em 2017.

Em 2017 está prevista a conclusão das atividades de recuperação dos tributários impactados, reconformação e controle de erosão nas planícies, regularização das margens dos rios, revegetação das margens e planícies.

O plantio emergencial realizado antes do período de chuvas 2016/2017 continua passando por manutenções. Paralelamente a estas atividades, foram iniciados os plantios piloto de espécies arbóreas, com foco na recuperação da vegetação nativa da região. Os resultados destes testes que forem obtidos em 2017 já serão aplicados para o início do plantio definitivo na estação de chuvas 2017/2018.

Além destas atividades, outras intervenções específicas que poderão apresentar bons prognósticos serão postas em prática de acordo com sua aplicabilidade, sempre em discussão com os órgãos ambientais.

### 9.2.1 Testes piloto de revegetação

Visando elucidar incertezas a respeito do desenvolvimento pleno de espécies vegetais sobre substratos depositados em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão, e ainda com o objetivo de respaldar o programa de restauração florestal, a Samarco promoveu em agosto de 2016 um workshop de restauração ecológica, envolvendo especialistas de diversas áreas no âmbito da recuperação de áreas degradadas. Uma das ações propostas nestas discussões convergiram para o delineamento de experimentos pilotos, como o teste de campo de espécies e técnicas de implantação.

De forma específica, primeiramente serão introduzidas em três regiões com características fisiográficas distintas: Bento Rodrigues, Paracatu e Barra Longa, ambas sob influência do evento em questão, espécies de ocorrência local que se destacam pelo rápido crescimento, copas amplas e densas, com e sem preparo do solo. O sombreamento da área pelas espécies de recobrimento dará vantagem competitiva às demais espécies florestais que então serão introduzidas no plantio de enriquecimento. Esta segunda etapa visa a

recuperação de interações ecológicas, que por sua vez permitirão o resgate da sucessão ecológica e da dinâmica de floresta tropical. A avaliação de técnicas alternativas também indicará modificações metodológicas que podem ser especialmente eficientes nos diferentes contextos ambientais que ocorrem dentro da Área Ambiental 1.

O detalhamento dos estudos experimentais são descritos no relatório: MODELO EXPERIMENTAL DE TESTE PILOTO PARA REVEGETAÇÃO DAS ÁREAS AFETADAS - RT-027\_159-515-2282\_00-C (Ver anexos seção 9.0).

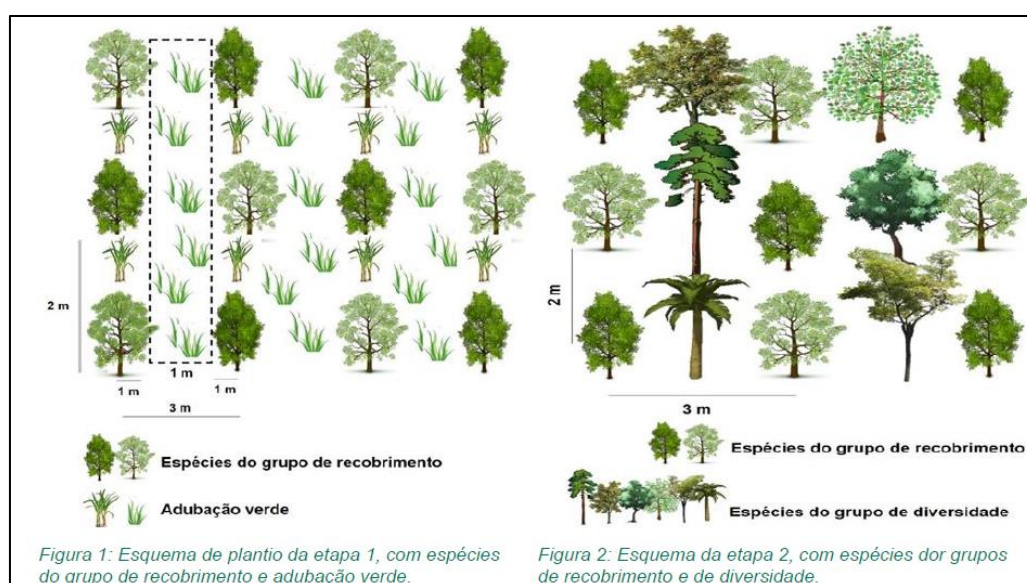


Figura 60 - Modelos de recuperação teste 1 e 2.

Os testes serão implantados em áreas representativas das condições de solo mais comuns na área a ser restaurada, usando práticas de revegetação com mudas e por semeadura direta. Periodicamente, os solos e substratos de interesse serão amostrados para análises físicas, químicas e biológicas

Além dos ensaios de campo foram previstos ensaios em casa de vegetação, que possuem como objetivo subsidiar tecnicamente as recomendações para melhoria do substrato nas áreas onde houve depósito de rejeitos proveniente do rompimento da Barragem de Fundão. Serão avaliados os efeitos das seguintes variáveis no desenvolvimento de espécies florestais e agrícolas:

- Diluições de com dois tipos de solo: Argiloso Vermelho (PV) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA);
- O efeito da adição de matéria orgânica: com ou sem a adição de 20% de torta de filtro com esterco bovino;
- Efeitos no crescimento de três espécies vegetais, sendo duas de ocorrência na Mata Atlântica: Salgueiro (*Salix humboldtiana*) e Crindiúva (*Trema micrantha*); e uma de uso agrícola na região: Milho (*Zea mays*)

Nesse contexto, espera-se que a realização dos ensaios possibilitará a avaliação comparativa da eficiência das alternativas técnicas propostas, constituindo uma etapa essencial para a definição estratégias de recuperação ambiental sob condições atípicas, ocorridas nas áreas afetadas pela ocorrência ambiental.



## 9.2.2 Plano de monitoramento para acompanhamento das intervenções prioritárias

O Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias foi elaborado e emitido sob nº RT-033\_159-515-2282\_00-B (Ver anexos Seção 9.0) e constitui principal ferramenta de gestão de progresso das ações de intervenção nas áreas prioritárias definidas no Plano de Recuperação Ambiental Integrado (PRAI). O documento visa ainda, atender à cláusula 178 do Termo de Transição de Ajustamento de Conduta (TTAC), bem como aos requisitos mínimos tangentes ao monitoramento da qualidade da água e sedimentos estabelecidos no Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (documento nº: 00000.062340/2016-08), bem como ao monitoramento quali-quantitativo da regeneração da vegetação.

A gestão das ações de acompanhamento foi definida considerando três componentes centrais, os quais foram de elaborados de maneira integrada para avaliação dos impactos ambientais decorrentes das intervenções, sendo:

- Programa de monitoramento de qualidade de água;
- Programa de monitoramento dos processos erosivos;
- Programa de monitoramento da vegetação.

Para cada Programa supracitado foram definidos os objetivos, atividades de recuperação, parâmetros de monitoramento, frequências de amostragem, indicadores e gerenciamento das informações geradas. Esta ferramenta fornece, portanto, bases para uma gestão eficiente e sistematizada de dados, de modo a subsidiar com segurança a tomada de decisões referente a planos de ações e eventuais medidas de ação corretivas, bem como o fornecimento de informações claras sobre os avanços periódicos dos programas de recuperação ambiental.

## 9.3 Plano de Recuperação de Nascentes e APPs Degradadas

Em linha com o que foi definido no TTAC assinado entre a Samarco, suas acionistas e a União, a Fundação Renova irá, em caráter compensatório, recuperar 40.000 ha de APPs – Áreas de Preservação Permanente e 5.000 nascentes na bacia do rio Doce. As ações serão realizadas ao longo de 10 anos conforme abaixo:

- Dos 40.000 ha de APPs degradadas a serem recuperadas, 10.000 ha serão por reflorestamento e 30.000 ha por condução da regeneração natural;
- Será destinada uma verba mínima de R\$ 1.100.000.000 para a recuperação das APPs;
- Das 5.000 nascentes, 500 deverão ser recuperadas por ano.

O processo de recuperação das nascentes degradadas foi iniciado em parceria com o Instituto Terra, que será responsável pela atuação das 500 nascentes a serem recuperadas no primeiro ano.

Para a recuperação das APPs degradadas, a Fundação Renova está formatando um escopo de contratação para os estudos de Definição de Critérios de Priorização de Áreas para Recuperação Ambiental na Bacia do Rio Doce, baseado no Termo de Referência para este fim definido pela Câmara Técnica de Restauração Florestal e de Produção de Água (CT-FLOR).

### 9.3.1 Recuperação de Nascentes

O plano de longo prazo para recuperação das 5.000 nascentes será desenvolvido a partir da definição dos estudos supracitados. Para o primeiro ano a Fundação Renova estabeleceu parceria com o Instituto Terra.

O Instituto Terra instituiu o Programa Olhos d'Água com objetivo de recuperar 300 mil nascentes na bacia do Rio Doce de 2016 até 2046. Com seu conhecimento do acordo firmado entre a Samarco, acionistas e a União e visualizando interface com seu programa, o Instituto Terra contactou a Fundação Renova demonstrando interesse em atuar no programa de recuperação de nascentes. O escopo do trabalho em andamento com o Instituto Terra contempla a recuperação de 500 nascentes até março de 2017, atendendo ao 1º ano de recuperação solicitado no TTAC.

Neste trabalho em parceria com a Fundação Renova, o Instituto Terra está aplicando a mesma metodologia do Programa Olhos d'Água que prevê:

- Mobilização de 500 produtores rurais, através de visitas de campo e divulgação na mídia local e regional – Prazo: 2 meses;
- Implantação do processo de recuperação e proteção de 500 nascentes – Prazo: 6 meses:
  - Elaboração de projetos técnicos (georreferenciamento e croqui);
  - Aquisição e distribuição de insumos para cercamento e de mudas;
  - Colher assinatura nos termos de compromissos dos produtores beneficiários;
  - Cercamento (contratação de terceiros);
  - Assistência técnica ao produtor rural para as atividades de cercamento e plantio em conformidade com o projeto técnico.

Além disso, como parte das atividades programadas no contexto de recuperação das nascentes, serão executadas ações complementares ao que foi definido no TTAC, conforme listado abaixo:

- Implantação de 2.000 barraginhas para captação de água da chuva – Prazo: 18 meses (Figura 63);
- Implantação de 250 fossas sépticas nas propriedades os produtores envolvidos – Prazo: 18 meses (Figura 63);
- Monitoramento da vazão e qualidade da água de 20% das nascentes recuperadas – Prazo: 18 meses;
- Monitoramento da cobertura vegetal de 10% das nascentes recuperadas – Prazo: 18 meses;
- Elaboração de relatórios circunstanciados do projeto – Prazo: 18 meses.

Na Figura 62 e na Figura 63 são apresentados exemplos das ações de instalação de foças sépticas e implantação de barraginhas nas propriedades rurais.



Figura 61 - Representação da instalação de fossas sépticas (arquivo Instituto Terra).



Figura 62 - Representação da implantação de barraginhas (arquivo Instituto Terra).

Para o primeiro ano de recuperação de nascentes o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Doce – CBH Doce definiu três sub bacias prioritárias, são elas: Pancas e Santa Maria do Doce em Colatina e Suaçui Grande em Governador Valadares. A Figura 63 apresenta de forma esquemática as sub bacias que foram priorizadas para recuperação das primeiras 500 nascentes.

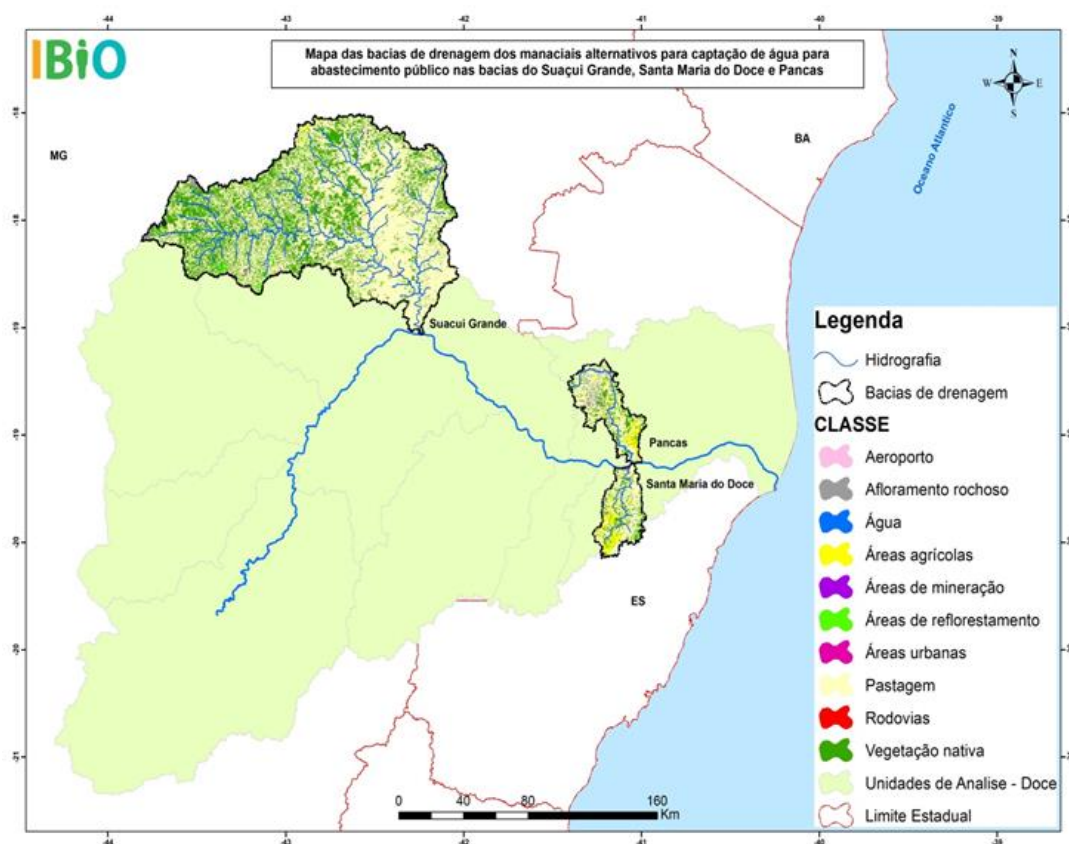


Figura 63 - Sub bacias priorizadas para recuperação das primeiras 500 nascentes.

O Instituto Terra iniciou suas atividades em 07 de novembro de 2016, com reuniões para mobilização e engajamentos de produtores rurais, para que aderissem ao programa (Figura 64). A partir da adesão dos produtores, através da assinatura do Termo de Compromisso (Figura 65), em seguida foi iniciada a entrega



dos insumos para cercamento e plantio ( Figura 66 a Figura 68) e finalmente o processo de recuperação das nascentes (Figura 69 e Figura 70)



Figura 64 - Reuniões com as lideranças municipais de Frei Inocêncio, Itambacuri, Jampruca e Campanário.



Figura 65 - Assinatura do Termo de Compromisso.



Figura 66 - Entrega de insumos aos proprietários da Bacia do Rio Santa Maria do Doce.



Figura 67 - Entrega de insumos aos proprietários da Bacia do Rio Pancas.



Figura 68 - Entrega de insumos aos proprietários da Bacia do Rio Suaçuí Grande.



Figura 69 - Equipe do Instituto Terra fazendo cerca e realizando roçada seletiva.



Figura 70 - Vistoria de cercamento.

## 9.4 Fortalecimento das estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre

Com o objetivo de fortalecer as estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre, a Fundação Renova irá efetuar a construção e o aparelhamento de dois Centros de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (CETAS). Os CETAS são unidades responsáveis pelo manejo dos animais silvestres que são recebidos de ação fiscalizatória, resgate ou entrega voluntária de particulares. Esse manejo será realizado por uma equipe de veterinários, biólogos e tratadores especializados. As estruturas existentes no Brasil recebem milhares de animais anualmente e possuem a finalidade de identificar, marcar, triar, avaliar, recuperar, reabilitar e destinar esses animais silvestres, além de realizar e subsidiar pesquisas científicas, ensino e extensão.

Os dois centros serão construídos e equipados de acordo com Termo de Referência a ser emitido pelo o IBAMA, devendo ser instalado em municípios banhados pelo Rio Doce ou pelos trechos impactados dos Rios Gualaxo do Norte e Carmo (Área ambiental 2), sendo um em Minas Gerais e outro no Espírito Santo. Os locais, projeto e cronograma de implantação estão sendo avaliados e discutidos entre a partes na Câmara Técnica de Biodiversidade, presidida pela o ICMBio. Essa definição não deverá exceder a data de 02 de março de 2018. Ademais, a Fundação irá assegurar recursos para a manutenção operacional dos CETAS por um período de três anos, a contar da entrega de cada CETAS, ressalvadas as despesas de custeio com pessoal, de acordo com o Plano de Gestão do projeto a ser estabelecido pelo órgão gestor responsável.

Os locais, projeto e cronograma de implantação estão sendo avaliados e discutidos entre a partes na Câmara Técnica de Biodiversidade (CTBio), presidida pelo ICMBio. A expectativa é que esta definição aconteça na próxima reunião da CTBio, marcada para 13/01/2017. Nesta ocasião, espera-se que ocorra a emissão do TR, que irá balizar o processo de contratação de empresa de engenharia e arquitetura, pela Fundação, para elaboração dos projetos destas estruturas.

## 9.5 Melhoria nos Sistemas de Tratamento de Esgoto e Disposição de Resíduos Sólidos

O Programa de melhorias nos sistemas de tratamento de esgoto e disposição de resíduos sólidos visa atender as cláusulas 169 e 170 do TTAC, conforme seus termos:



*A FUNDAÇÃO disponibilizará recursos financeiros, no valor de R\$ 500.000.000,00 (quinhentos milhões de reais), aos municípios da ÁREA AMBIENTAL 2 para custeio na elaboração de planos básicos de saneamento básico, elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário, implementação de obras de coleta e tratamento de esgotos, erradicação de lixões e implantação de aterros sanitários regionais.*

Os municípios previstos de atendimento dentro do TTAC são: (i) Mariana, (ii) Barra Longa, (iii) Rio Doce, (iv) Santa Cruz do Escalvado, (v) Sem-Peixe, (vi) Rio Casca, (vii) São Pedro dos Ferros, (viii) São Domingos do Prata, (ix) São José do Goiabal, (x) Raul Soares, (xi) Dionísio, (xii) Córrego Novo, (xiii) Pingo d'Água, (xiv) Marliéria, (xv) Bom Jesus do Galho, (xvi) Timóteo, (xvii) Caratinga, (xviii) Ipatinga, (xix) Santana do Paraíso, (xx) Ipaba, (xxi) Belo Oriente, (xxii) Bugre, (xxiii) Iapu, (xxiv) Naque, (xxv) Periquito, (xxvi) Sobrália, (xxvii) Fernandes Tourinho, (xxviii) Alpercata, (xxix) Governador Valadares, (xxx) Tumiritinga, (xxxi) Galileia, (xxxii) Conselheiro Pena, (xxxiii) Resplendor, (xxxiv) Itueta, (xxxv) Aimorés, (xxxvi) Baixo Guandu, (xxxvii) Colatina, (xxxviii) Marilândia e (xxxix) Linhares.

À Fundação Renova não caberá a execução das ações previstas no caput nem a seleção dos municípios a serem contemplados, ficando apenas obrigada pela disponibilização dos referidos recursos, observados os procedimentos da política de *compliance*.

O Comitê Interfederativo, a partir da apreciação dos projetos apresentados pelos municípios interessados, indicará formalmente à Fundação Renova os municípios destinatários e respectivos valores a serem disponibilizados.

O Comitê Interfederativo estabeleceu algumas prioridades através da Deliberação nº21, de 20 de Setembro de 2016, entre elas:

*Em relação ao investimento previsto para coleta e tratamento de esgotos, serão contemplados, no período de 2016, apenas ações em municípios que possuam prestador de serviço institucionalizado (companhia, autarquia ou departamento específico para prestação de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário) e cujas ações sejam focadas nas áreas urbanas ou em distritos que lançam os efluentes diretamente no rio doce ou nos trechos impactados dos rios Gualaxo do Norte e Carmo, considerando as seguintes categorias de priorização:*

**Prioridade 1:** *Municípios que tem ações de coleta e tratamento de esgotos em andamento e que demandam recursos para complementar contrapartida e/ou assessoria para garantir a execução dessas ações (como por exemplo, apoio na obtenção de licenças ambientais, no acompanhamento técnico de obras ou na elaboração de documentação para prestação de contas às instituições fomentadoras/financiadoras).*

**Prioridade 2:** *Municípios que têm projeto (básico ou executivo) em condições de licitar a obra, com processo já concluído de desapropriação das áreas afetadas pelas ações e licença ambiental de instalação já obtida.*

**Prioridade 3:** *Municípios que pleiteiem recursos para elaboração de projetos básicos num nível de detalhamento que permita a licitação das obras.*

**Prioridade 4:** *Municípios com sistemas de coleta e tratamento de esgotos implantados e em operação e que não se enquadrem nas categorias anteriores.*

**Critério de hierarquização:** *em sendo necessário hierarquizar os municípios em qualquer das categorias apresentadas acima, será considerada a ordem dos municípios de montante para jusante, tendo em vista que a remoção de carga poluidora nos corpos hídricos receptores e a*



*consequente melhoria de carga poluidora na qualidade da água, resultante da implementação de ações nos municípios de montante, também beneficia os municípios localizados a jusante.*

*Para os investimentos em ações de gestão/destinação de resíduos sólidos no ano de 2016 (previstos 5 milhões de reais), os recursos financeiros serão disponibilizados seguindo a seguinte ordem de priorização:*

**Prioridade 1:** *Contratação pelos municípios de serviços de levantamento de dados de campo para aperfeiçoar o diagnóstico dos resíduos sólidos.*

**Prioridade 2:** *execução de “etapas preparatórias” para os investimentos, que compreende os estudos de viabilidade, os projetos de engenharia, os estudos ambientais para o licenciamento e a seleção das áreas para os aterros sanitários regionais.*

Foi criada em nome da Fundação Renova a conta corrente segregada no Banco Itaú conforme exigido no Parágrafo Primeiro da Cláusula 169 do TTAC e foi realizado, no dia 28 de Dezembro de 2016, o depósito no valor de R\$ 51.895.016,76 (cinquenta e um milhões, oitocentos e noventa e cinco mil, dezesseis reais e setenta e seis centavos) referente ao estabelecido pelo item I da Cláusula 170, no valor de R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões) corrigidos pela variação do IPCA no período de março de 2016 a novembro de 2016. Em 04 de Janeiro de 2017 foi protocolado no Comitê Interfederativo a carta comunicado de cumprimento da Cláusula 170 item I.

## **9.6 Melhorias nos Sistemas de Abastecimento de Água**

O Programa de melhorias nos sistemas de abastecimento de água visa atender a cláusula 171 do TTAC, conforme seus termos:

*Nos Municípios que tiveram localidades cuja operação do sistema de abastecimento público ficou inviabilizada temporariamente como decorrência do EVENTO, a FUNDAÇÃO deverá construir sistemas alternativos de captação e adução e melhoria das estações de tratamento de água para todas para as referidas localidades desses municípios que captam diretamente da calha do Rio Doce, utilizando a tecnologia apropriada, visando reduzir em 30% (trinta por cento) a dependência de abastecimento direto naquele rio, em relação aos níveis anteriores ao EVENTO, como medida reparatória*

Os municípios previstos de atendimento dentro do TTAC são: (i) Alpercata; (ii) Gov. Valadares; (iii) Tumiritinga; (iv) Galiléia; (v) Resplendor; (vi) Itueta; (vii) Baixo Guandu; (viii) Colatina; e (ix) Linhares.

Os distritos previstos de atendimento dentro do TTAC são: a) Em Mariana: (i) Camargos; (ii) Pedras; (iii) Paracatu de Baixo; b) Em Barra Longa: (i) Gesteira; (ii) Barreto; c) Em Santana do Paraíso: (i) Ipaba do Paraíso; d) Em Belo Oriente: (i) Cachoeira Escura; e) Em Periquito: (i) Pedra Corrida; f) Em Fernandes Tourinho: (i) Senhora da Penha; g) Em Governador Valadares: (i) São Vitor; h) Em Tumiritinga: (i) São Tomé do Rio Doce; i) Em Aimorés: (i) Santo Antônio do Rio Doce; j) Em Baixo Guandu: (i) Mascarenhas; k) Em Marilândia: (i) Boninsenha; l) Em Linhares: (i) Regência.

Para os municípios com mais de 100.000 (cem mil) habitantes, a redução da dependência de abastecimento direto do Rio Doce poderá ser de até 50% (cinquenta por cento), sendo os valores incorridos em decorrência do que exceder o percentual referido no caput considerados como medida compensatória

Atualmente o programa de implementação das captações alternativas está na fase de estudos hidrogeológicos de avaliação de oferta hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos para que seja

assegurada a perenidade dos mananciais que serão disponibilizados como fonte alternativa de água ao rio Doce para as cidades, atendendo o estabelecido pela Deliberação nº 16 do Comitê Interfederativo.

Com o início do período chuvoso de 2016/2017 algumas das captações alternativas contempladas no Programa 32 foram priorizadas e estão em andamento para garantir a segurança hídrica das cidades em questão durante esse período chuvoso. No entanto, uma vez que se tratam de obras emergenciais para atendimento ao plano de período chuvoso não serão realizados neste momento os estudos de perenidade citado acima para estas captações, sendo que estes deverão ser iniciados em momento oportuno para validação das obras executadas como entregas do Programa 32.

Após o término do estudo de avaliação de oferta hídrica dos mananciais, será possível definir a necessidade ou não de complementação das captações alternativas elaboradas para o período chuvoso de acordo com o resultado de sustentabilidade dos mananciais apresentado pelo estudo.

O Plano para o período chuvoso 2016/17 possui quatro riscos mapeados, nos quais foram designadas ações de atuação, sendo um deles o abastecimento de água. A estrutura do plano é elaborada a partir dos quatro riscos mapeados, de forma que, para cada um deles, existem ações preventivas e ações de contingência.

As ações preventivas são ações executadas previamente e durante o período chuvoso e não dependentes da alteração da qualidade da água, visando uma melhor preparação para os possíveis cenários que venham a ser encontrados. Referente especificamente ao impacto no abastecimento de água, as principais ações preventivas são: melhorias e investimentos nas estações de tratamento de água visando aprimorar sua capacidade de tratamento de água; implementação de captações alternativas; criação de equipe técnica exclusiva; capacitação e ensaios de bancada; e operação assistida em até 24 horas.

Como se pode observar nas ações preventivas relacionadas ao plano para o período chuvoso descritas acima, as ações de melhorias nos sistemas de tratamento de água e captações alternativas estão diretamente relacionadas ao Programa Melhorias nos Sistemas de Abastecimento de Água.

Em atendimento a Deliberação nº 33 do Comitê Interfederativo, foi elaborado um relatório mensal referente às ações de melhorias nos sistemas de abastecimento de água e implementação das captações alternativas, apresentado no documento "Relatório mensal – Deliberação 33 – Dezembro 2016" (Ver anexos seção 9.0).

## **9.7 Unidades de Conservação**

A presente seção tinha inicialmente como objetivo a definição de diretrizes para a avaliação do impacto sobre as Unidades de Conservação diretamente impactadas, quais sejam, Parque Estadual do Rio Doce/MG, Reserva Biológica de Comboios, Área de Proteção Ambiental Costa das Algas e Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz.

Posteriormente, o CIF determinou que outras 35 UCs sejam alvo de avaliações de impactos ambientais. Estas UCs pertencem a categorias diversas, contemplando desde unidades geridas pela administração pública (federal, estadual ou municipal) até Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs). A Fundação está aguardando a emissão dos Termos de Referência (TR) pela Câmara Técnica de Biodiversidade para dar andamento a esta demanda.

Este programa tem medidas reparatórias e compensatórias. Para tanto, os seguintes objetivos específicos se aplicam as medidas reparatórias:

- Levantamento dos impactos;



- Implementar as ações de reparação;
- Contribuir para a conservação da biodiversidade.

Como medidas compensatórias, temos os seguintes objetivos específicos:

- Custear a consolidação de 2 unidades de conservação, quais sejam, o Parque Estadual do Rio Doce e o Refúgio de Vida Silvestre de Santa Cruz;
- Implementar o Plano de Manejo, bem como a construção de uma sede na unidade de conservação a ser criada pelo poder público.

## 9.8 Documentos de Referência da Seção 9.0

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	Instituição	DATA
Relatório mensal - Deliberação 33 - Dezembro 16	Relatório consolidado das melhorias realizadas pela equipe da Fundação Renova das estações de tratamento de água	F. Renova	Dez/16
RT-027_159-515-2282_01-B	Modelo experimental de teste piloto para revegetação das áreas afetadas	Golder	Set/16
Anexo A - RT-033_159-515-2282_00-B	Plano de monitoramento para acompanhamento das intervenções prioritárias	Golder	Dez/16

## 10.0 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO E LICENCIAMENTO

O cronograma para execução do Plano de Segurança e Recuperação Ambiental das Áreas Impactadas pelo Rompimento da Barragem de Fundão está apresentado no documento “Masterplan Renova PRAI”. (Ver **Anexo Seção 10.0**).

### 10.1 Documentos de Referência da Seção 10.0

DOCUMENTO	NOME DO DOCUMENTO	EMPRESA	DATA
20161220_Masterplan_PRAI	Cronograma macro das atividades de recuperação e compensação ambiental sendo realizadas pela Fundação Renova	Fundação Renova	Dez/16

## 11.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante o exposto no presente relatório pode-se afirmar que o plano de recuperação ambiental integrado relativo ao evento de ruptura da Barragem de Fundão é de suma importância para subsidiar uma visão sistêmica das medidas já executadas e que devem ainda ser adotadas para endereçar os impactos dele decorrentes. Evidentemente, diversos estudos ainda estão em andamento e deverão subsidiar atualizações deste plano integrado. Seus resultados poderão ensejar a elaboração de outros estudos que venham somar e contribuir para o entendimento e atuação coordenada e eficaz em relação ao evento ocorrido. Portanto, este documento será atualizado e aprimorado constantemente a partir dos estudos, tratativas com partes interessadas e experiências adquiridas ao longo do processo.





Belo Horizonte, 17 de janeiro de 2017

A handwritten signature in blue ink, reading 'Thiago Marchezi Doelinger', is centered on the page. The signature is written in a cursive style.

Thiago Marchezi Doelinger

Gerente Executivo dos Programas Socioambientais

Fundação Renova