



# **PLANO DE MANEJO DE REJEITO**

## **REVISÃO 1**

**Preparado por:**





**CH2M HILL**  
**Vila Olímpia**  
**Rua do Rócio, 351 – 1° andar**  
**São Paulo, Brasil 04.552-000**  
**Tel: +55 11 3040 0800**

# Plano de Manejo de Rejeito

*Preparado para*  
Fundação Renova

Revisão 01

31/07/2017

**ch2m.**<sup>SM</sup>

**ch2m.**



**ÍNDICE**

<b>ÍNDICE.....</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DE FOTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FLUXOGRAMAS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>X</b>
<b>SUMÁRIO EXECUTIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>15</b>
<b>3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL .....</b>	<b>17</b>
<b>4 CONCEITO DO PLANO.....</b>	<b>25</b>
4.1 Fase 1A – Caracterização ambiental da área afetada .....	27
4.2 Fase 1B – Complementação da caracterização ambiental da área afetada	27
4.3 Fase 2 – Tomada de decisão e seleção das alternativas de manejo .....	28
4.4 Fase 3 – Avaliação governamental da proposta apresentada .....	30
4.5 Fase 4 – Comunicação aos proprietários .....	30
4.6 Fase 5 – Implementação e monitoramento da alternativa selecionada ....	31
<b>5 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>32</b>
5.1 Extensão Geográfica da Área Impactada .....	32
5.2 Caraterísticas e Distribuição do Rejeito.....	34
5.2.1 Caraterísticas do Rejeito .....	35
5.2.2 Distribuição do Rejeito .....	37
5.3 Mecanismos de Transporte.....	41
<b>6 ESTIMATIVA DE VOLUME.....</b>	<b>49</b>
<b>7 DESCRIÇÃO SUCINTA DAS AÇÕES EM ANDAMENTO VOLTADAS AO</b>	
<b>MANEJO DE REJEITO .....</b>	<b>57</b>
7.1 Dragagem na UHE Risoleta Neves Candonga .....	57
7.2 Remoção Emergencial de Rejeitos .....	61
7.3 Estruturas de Contenção de Sedimentos .....	61
7.4 Reconformação das Calhas dos Rios Principais e Controle de Erosão ...	62
7.5 Mudança de alinhamento de tributários.....	66

7.6	Recuperação de Terrenos Expostos .....	67
7.7	Plantio Emergencial.....	68
<b>8</b>	<b>DIVISÃO ESPACIAL PARA AVALIAÇÃO SETORIZADA E DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>69</b>
8.1	Extensão Geográfica da Área Impactada .....	69
8.2	Área de Abrangência do Plano de Manejo de Rejeito .....	74
8.3	Descrição das Áreas Alvo e Subdivisão Por Trechos .....	75
8.3.1	Área 1: Trecho de Grande Impacto do Evento. ....	75
8.3.2	Área 2: Grande Volume Depositado em Calhas e Planícies e Terraços Aluvionares dos Rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Trecho Inicial do Rio Doce .....	82
8.3.3	Área 3: Reservatório de Candonga, UHE Risoleta Neves .....	114
8.3.4	Área 4: Impactos na Calha do Rio Doce .....	118
8.3.5	Área 5: Zona marinha costeira / Trecho 17 .....	127
8.3.6	Outras Áreas .....	128
8.4	Definição dos objetivos específicos .....	128
<b>9</b>	<b>ESTUDOS COMPLEMENTARES.....</b>	<b>136</b>
9.1	Avaliação de Risco à saúde humana .....	137
9.2	Avaliação do Risco Ecológico.....	138
<b>10</b>	<b>MODELOS DE DECISÃO E ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO .....</b>	<b>142</b>
10.1	Seleção das áreas para o manejo.....	143
10.2	Desenvolvimento de Alternativas de Manejo.....	145
10.3	Processo Simplificado de Tomada de Decisão .....	148
10.3.1	Matriz de decisão.....	149
10.3.2	Valor Líquido Presente .....	153
10.3.3	Resultado do processo simplificado de tomada de decisão.....	153
10.3.4	Efetividade em atingir os objetivos específicos do projeto .....	154
10.3.5	Viabilidade técnica e administrativa .....	155
10.3.6	Impactos e riscos causados pelo manejo .....	157
10.3.7	Tempo de implementação .....	160
10.4	Análise de Custo-Benefício .....	161
10.4.1	Revisão das alternativas de manejo e dos contextos.....	164
10.4.2	Alocação de efeitos positivos e negativos .....	165
10.4.3	Identificação de efeitos prioritários por área.....	168

10.4.4	Coleta e análise de dados .....	171
10.4.5	Interpretação dos resultados.....	174
<b>11</b>	<b>APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO.....</b>	<b>178</b>
11.1	Coleta de dados e Estimativa de Deposição de Rejeitos .....	179
11.2	Indicadores de manejo .....	181
11.2.1	Programas com interface ao PG 23.....	181
11.2.2	Áreas Temáticas de Aplicação dos Indicadores para o Plano de Manejo de Rejeito .....	189
<b>12</b>	<b>CRONOGRAMA DAS AÇÕES PARA EXECUÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO.....</b>	<b>197</b>
<b>13</b>	<b>GOVERNANÇA PARA A TOMADA DE DECISÃO DURANTE O MANEJO..</b>	<b>199</b>
<b>14</b>	<b>REVISÃO DO PLANO .....</b>	<b>201</b>
<b>15</b>	<b>PREMISSAS .....</b>	<b>202</b>
<b>16</b>	<b>EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>203</b>
<b>17</b>	<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>204</b>

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 5-1. A extensão geográfica da área impactada.....	33
Figura 5-2. Tipos de Depósitos de Rejeitos por Trechos do Rio.....	48
Figura 6-1. Volumes de rejeito e material detrítico estimado por trechos selecionados no estudo geomorfológico. ....	56
Figura 7-1. Mapa com as estruturas existentes.....	60
Figura 7-2.Exemplo de obra de aplicação de bioengenharia na área 6 .....	64
Figura 7-3. Mapa com as áreas prioritárias para controle de erosão estabelecidas pela Golder .....	65
Figura 8-1. Diagrama de Identificação dos Trechos.....	71
Figura 8-2. Segmentação da Área impactada em Trechos.....	72
Figura 11-1. Planos e Programas de Monitoramento Existentes.....	186

**LISTA DE FOTOS**

Foto 6-1. Trecho em cânions .....	51
Foto 5-2. Trechos confinados.....	51
Foto 6-3. Trechos largos com pequena planície de inundação .....	52
Foto 6-4. Trechos largos com planície de inundação grande .....	52
Foto 6-1. Visualização geral do avanço das obras do Barramento B. ....	59
Foto 6-2. Visualização geral do avanço das obras do Barramento A em 4 abril 2017.....	59
Foto 7-1. Impactos Remanescentes da Ruptura .....	76
Foto 7-2. Reestabelecimento natural da vegetação das encostas .....	77
Foto 7-3. Remoção de parte do solo das encostas .....	78
Foto 7-4. Reservatório formado pelo Dique S-3 .....	79
Foto 7-5. Reservatório do Dique S-3, no braço do córrego Mirandinha. Ao fundo, base da encosta com vegetação removida pelo evento e já com cobertura herbácea por regeneração natural. ....	80
Foto 7-6. Dique e Reservatório S-3. Ao fundo, base da encosta com vegetação removida pelo evento e já com cobertura herbáceo/arbustiva por regeneração natural .....	80
Foto 7-7. Aspecto geral da área de Bento Rodrigues, a partir do Dique S-3, em primeiro plano. ....	81
Foto 7-8. Reservatório do Dique S-4. Ao fundo e à direita, Bento Rodrigues. ....	81
Foto 7-9. Dique S-4. Ao fundo, a foz do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte, destacando-se a altura atingida pelo fluxo de material detrítico, com altura aproximada de 30 metros. ....	82
Foto 7-10. Confluência do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte e a localização do Dique S-4 (seta vermelha), em início de construção em agosto de 2016.....	83
Foto 7-11. Rio Gualaxo do Norte, a montante da foz do córrego Santarém .....	84

Foto 7-12. Planície aluvionar do rio Gualaxo do Norte onde houve remoção completa da vegetação, já em processo de regeneração natural. Ao fundo, árvore mortas por deposição de material detrítico sobre o solo natural na base da encosta. ....	85
Foto 7-13. Depósito de material detrítico na calha fluvial, de constituição arenosa mas contendo finos, os quais entram em suspensão quando remobilizados.....	85
Foto 7-14. Detalhe da foto anterior, destacando a textura essencialmente arenosa e a porção de finos entrando em suspensão quando remobilizados. ....	86
Foto 7-15. Rio Gualaxo do Norte, no extremo de montante do Trecho 6, afetado pelos materiais detríticos. Notar acúmulo de troncos e vegetação morta. ....	87
Foto 7-16. Detalhe do depósito de material detrítico com espessura de 20 cm sobre o solo em encosta ocupada por floresta, provocando a morte das árvores. ....	87
Foto 7-17. Rio Gualaxo do Norte, Trecho 6, com obras de drenagem superficial e implantação de cobertura vegetal de proteção contra a erosão, executadas no fundo de vale em pequeno tributário do rio Gualaxo do Norte, a montante da confluência do córrego Santarém. ....	88
Foto 7-18. Estação de Captação e Bombeamento de água no rio Gualaxo do Norte, situada cerca de 400 m a jusante da foz do córrego Santarém. Ao fundo, a vila de Bento Rodrigues. ....	89
Foto 7-19. Segmento do rio Gualaxo do Norte em vale encaixado, com remoção total da vegetação e exposição do substrato rochoso. ....	89
Foto 7-20. Trecho 7 do rio Gualaxo do Norte, junto à Estação de Bombeamento da Samarco. Notar o nível alcançado pelo fluxo de material detrítico e a regeneração natural da vegetação. ....	90
Foto 7-21. Mesmo Setor 7. Notar a turbidez e cor aparente das águas, muito mais acentuadas do que no início do trecho afetado pelo evento de novembro de 2015. ....	90
Foto 7-22. Trecho 8, destacando com vale em V e a base das vertentes com remoção da vegetação, deposição do material detrítico e a morte das árvores que não foram removidas pelo fluxo de material durante o evento. ....	92
Foto 7-23. Notar bancos arenosos na calha fluvial e as obras de drenagem e controle de erosão implantadas em alguns setores neste Trecho. ....	93
Foto 7-24. Trecho 8, com obras de estabilização de margens. Notar alta turbidez das águas e pequena profundidade da lâmina d'água. ....	93
Foto 7-25. Detalhe do depósito de material detrítico próximo à tomada d'água da PCH Bicas. Textura essencialmente arenosa, com teor menor de finos. Baixa coesão e alta erodibilidade. ....	94
Foto 7-26. Ao fundo, a PCH Bicas. Defronte à antiga Casa de Força da PCH, observa-se um banco arenoso que já existia antes do evento, porém estava recoberto por vegetação nativa. ....	94
Foto 7-27. Setor do Trecho 8 a jusante da PCH Bicas, não abrangido pelas obras emergenciais, mas com recuperação importante da vegetação sobre os depósitos de encostas e de planícies por regeneração natural. ....	95
Foto 7-28. Notar depósito de material detrítico na planície aluvionar, com espessura em torno de 60 cm, e depósito de calha com concentração de óxidos de ferro, na margem do rio Gualaxo do Norte, junto à barragem da PCH Bicas. ....	95
Foto 7-29. Detalhe da concentração de óxidos de ferro nos depósitos de calha pela remobilização dos finos em suspensão e dos grãos de quartzo por arraste. ....	95

Foto 7-30. Outra vista do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 8, evidenciando o vale em V e a presença de bancos arenosos na calha fluvial. ....	96
Foto 7-31. Planície aluvionar junto à margem esquerda do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 8, com regeneração da vegetação, após a remoção total da cobertura vegetal pela passagem do fluxo de material detrítico. ....	96
Foto 7-32. Aspecto dos terraços aluvionares e da deposição dos materiais detríticos. ....	97
Foto 7-33. Lagoas próximas à margem do rio Gualaxo do Norte e interligadas a este, com função de lagoas marginais. ....	98
Foto 7-34. Mesma lagoa indicada na foto anterior, após a passagem do fluxo de material detrítico, apresentando-se completamente seca. ....	98
Foto 7-35. Capela de Santo Antônio, em Paracatu, evidenciando a altura de inundação, com altura em torno de 5 metros. ....	99
Foto 7-36. Capela de Santo Antônio, em Paracatu, em obras de restauração. ....	99
Foto 7-37. Depósito de material detrítico junto à Capela de Santo Antônio, com cerca de 1 m de espessura. ....	100
Foto 7-38. Aspecto geral do distrito de Paracatu. Ao fundo, o depósito de material detrítico chegando à altura do parapeito das janelas. ....	100
Foto 7-39. Solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos na parte externa da curva do rio Gualaxo. ....	101
Foto 7-40. Solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos com depósito de material detrítico sobreposto, a jusante de Gesteira. ....	101
Foto 7-41. Típico estreitamento de vale, em garganta, separando planícies aluvionares ao longo do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 9. ....	102
Foto 7-42. Plantio de milho em área de depósito de material detrítico. Notar concentração de óxidos de ferro na superfície do terreno, pela erosão laminar. ....	103
Foto 7-43. Detalhe da foto anterior. Solos compactado, evidenciado pela certa dificuldade na escavação. ....	103
Foto 7-44. Material detrítico depositado junto às margens do rio Gualaxo do Norte. ....	104
Foto 7-45. Deposição de material detrítico arenoso, muito suscetível à erosão, sobre os terraços aluvionares elevados. ....	104
Foto 7-46. Banco arenoso formado na parte interna de uma curva do rio Gualaxo do Norte, Trecho 9. ....	105
Foto 7-47. Planície aluvionar afetada pelo fluxo de materiais detríticos, formando um depósito extenso. O talude que limita tal planície junto à base da vertente indica que foi provavelmente explorada pelas antigas atividades de garimpo. ....	106
Foto 7-48. Mesma planície aluvionar da foto anterior – à direita da foto – já recuperada por obras de drenagem e cobertura vegetal de proteção contra a erosão. ....	106
Foto 7-49. Obras de drenagem e controle de erosão em terraço aluvionar próximo a Paracatu – ao fundo. ....	107
Foto 7-50. Bancos arenosos na calha fluvial, nas proximidades do final do Trecho 9. ....	107
Foto 7-51. Final do Trecho 9 - Foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo. Nota-se a carga de sedimentos em suspensão nas águas do Gualaxo, em relação ao rio do Carmo. Na margem oposta, a cidade de Barra Longa. ....	108

Foto 7-52. Foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo destacando o contraste de turbidez e cor aparente entre estes dois corpos d'água.....	108
Foto 7-53. Terraço aluvionar elevado, já recuperado. Na margem, solapamento por erosão fluvial e banco arenoso na calha do rio do Carmo. ....	109
Foto 7-54. Áreas baixas da cidade de Barra Longa com deposição de material detrítico, já removidas. Ao fundo, a foz do rio Gualaxo do Norte.....	110
Foto 7-55. Enrocamento para estabilização de trechos das margens do rio do Carmo junto à cidade de Barra Longa. Notar os bancos arenosos na calha fluvial. ....	110
Foto 7-56. Bancos arenosos no leito do rio do Carmo, com a cor acinzentada característica da origem nos rejeitos da barragem de Fundão mobilizados no evento de 5 de novembro de 2015.....	111
Foto 7-57. Leito rochoso do rio do Carmo obliterados pela deposição de sedimentos associados aos materiais detríticos mobilizados pelo evento de ruptura da barragem de Fundão.....	111
Foto 7-58. Confluência dos rios do Carmo – águas turvas - e Piranga, formando o rio Doce. ....	112
Foto 7-59. Detalhe do contraste das águas do rio do Carmo, à esquerda, e do rio Piranga, na formação do rio Doce. ....	113
Foto 7-60. Bancos arenosos do trecho do Rio Doce, a montante do remanso do reservatório de Candonga. ....	113
Foto 7-61. Depósitos arenosos sobre leito rochoso, no trecho do Rio Doce, a montante do remanso do reservatório de Candonga. ....	114
Foto 7-62. Trecho inicial do reservatório de Candonga, com exposição do leito rochoso devido ao rebaixamento do seu nível d'água para permitir as ações de dragagem e implantação de barreiras.....	116
Foto 7-63. Trecho em leito rochoso onde o material detrítico já foi removido pelas cheias naturais posteriores ao evento.....	116
Foto 7-64. Corpo central do reservatório de Candonga, com a exposição dos sedimentos depositados pelo fluxo de material detrítico.....	117
Foto 7-65. Barragem do reservatório de Candonga. Ao fundo, as operações iniciais de dragagem dos materiais depositados no evento, no setor mais próximo à barragem. ....	117
Foto 7-66. Barragem do reservatório de Candonga visto de montante, com nível d'água na cota 312 m. Ao fundo uma das duas dragas em operação e em primeiro plano, sombra do Barramento A, em implantação.....	118
Foto 7-67. Bancos arenosos antes da passagem do fluxo de materiais provenientes do evento de 5 de novembro de 2015. ....	121
Foto 7-68. Mesmos bancos, depois da passagem do fluxo de materiais provenientes do evento de 5 de novembro de 2015. Notar a manutenção da posição e das dimensões aproximadas. Apenas a cor aparente da superfície dos bancos adquire um tom acinzentado. ....	121
Foto 7-69. Lagoa no interior do Parque Estadual do Rio Doce, evidenciando a ausência de ligação com o rio Doce. ....	122
Foto 7-70. Leito rochoso do rio Doce, parcialmente cobertos por bancos de areia, em agosto de 2014, antes do evento. Entre Conselheiro Pena e Penha do Norte .....	124

Foto 7-71. Leito rochoso com a mesma configuração de bancos de areia recobrimdo-o parcialmente, em imagem de 3 meses após o evento. Entre Conselheiro Pena e Penha do Norte .....	124
Foto 7-72. Bancos arenosos no leito do rio Doce defronte a Colatina, antes do evento, com rio em nível baixo – período de estiagem. ....	125
Foto 7-73. Mesmos bancos arenosos, em imagem de 4 meses após o evento, com o nível do rio pouco acima – final do período chuvoso – com a mesma configuração anterior. ....	126
Foto 7-74. Trecho final do rio Doce – Trecho 16 .....	127
Foto 7-75 Área 5/Trecho 17: área afetada pela pluma de turbidez do rio Doce.....	128

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1. Histórico Principais Marcos Relacionados ao Manejo de Rejeitos.....	8
Tabela 1-2. Principais Processos Jurídicos Relacionados ao Manejo de Rejeitos .....	10
Tabela 1-3. Interface e Conexão Direta com o Plano de Manejo de Rejeito.....	12
Tabela 3-1. Legislações Aplicáveis .....	17
Tabela 5-1. Síntese dos tipos de depósitos classificados .....	47
Tabela 5-2. Estimativas de volumes de material depositado no trecho Fundão – Candonga. ....	49
Tabela 6-2. Estimativas de volumes de material depositado por trecho fluvial selecionado - até o reservatório de Candonga. ....	53
Tabela 6-1. Áreas Prioritárias para Controle de Erosão e Dispositivos de Drenagem.....	63
Tabela 6-2. Mudanças de Tributários .....	66
Tabela 6-3. Resumo das áreas revegetadas pela Samarco dentro do programa de revegetação inicial emergencial. ....	68
Tabela 7-1. Avaliação dos potenciais riscos futuros decorrentes da presença de rejeitos e de impactos decorrentes de eventos no passado. ....	130
Tabela 7-2. Características específicas.....	131
Tabela 9-1. Avaliação técnica através de notas e classificação por cores.....	150
Tabela 9-2. Exemplos da pontuação utilizada na Análise Simplificada de Tomada de Decisão para um contexto determinado .....	151
Tabela 9-3. Exemplo de uma Matriz de Decisão com pesos não-uniformes para um determinado contexto. ....	152
Tabela 9-4. Exemplo de resultado do Processo Simplificado de Tomada de Decisão para um determinado contexto .....	153
Tabela 9-5. Guia para a Pontuação da Efetividade em Atingir os Objetivos Específicos de uma Área .....	155
Tabela 9-6. Guia para a Pontuação da Viabilidade Técnica e Administrativa .....	156
Tabela 9-7. Riscos e impactos decorrentes da remoção de rejeitos .....	157
Tabela 9-8. Guia para a Pontuação da dos Riscos e Impactos Causados pelo Manejo .....	159

Tabela 9-9. Guia para a Pontuação do Tempo de Implementação .....	161
Tabela 9-10. Comparação dos vários métodos do processo de tomada de decisão .....	162
Tabela 9-11. Exemplo de tipologia para a alternativa de manejo e a sua aplicação nos vários tipos de ambientes de deposição de rejeitos. Os três tipos de manejo são identificados pelo código: “R”, “C” ou “E” .....	166
Tabela 9-12. Exemplo de alocação de efeitos positivos e negativos relevantes para cada categoria identificada, por tipo de deposição de rejeito e tipo de alternativa de manejo .....	167
Tabela 9-13. Exemplo de identificação de efeitos irrelevantes (sem marcação), efeitos com baixo potencial de diferenciação (círculos de borda pontilhada) e efeitos com alto potencial de diferenciação (círculos de borda sólida).....	169
Tabela 9-14. Exemplo do sumário de efeitos com alto potencial de diferenciação.....	170
Tabela 9-15. Exemplos de dados necessários para uma Análise de Custo –Benefício, para uma determinada área afetada. ....	172
Tabela 9-16. Exemplo de fontes dos dados de entrada da Análise de Custo-Benefício ....	173
Tabela 9-17. Exemplo dos resultados para os benefícios e custos monetizados .....	175
Tabela 9-18. Exemplo de resumo dos benefícios e custos monetizados.....	175
Tabela 9-19. Exemplo dos resultados para os benefícios e custos expressos em unidades naturais .....	176
Tabela 12-1. Lista preliminar das partes interessadas.....	199

## LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 4-1. Fluxograma para o gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeitos. ....	26
Fluxograma 8-1. Definição dos objetivos específicos por área .....	134
Fluxograma 9-1. Avaliação de risco de nível ecológico .....	141
Fluxograma 10-1. Etapas do processo de tomada de decisão .....	143
Fluxograma 10-2. Desenvolvimento das Alternativas de Manejo .....	146

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Definição de Metodologias de Remoção, Transporte e Disposição do Rejeito de Áreas Degradadas
ANEXO II - Diretrizes de Recuperação das Áreas Impactadas
ANEXO III - Plano de Trabalho Bento Rodrigues
ANEXO IV - Plano de Trabalho para Elaboração de Avaliação de Riscos à Saúde Humana em Áreas Piloto
ANEXO V - PMQQS - Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo de Água e Sedimento.
ANEXO VI - Plano de Trabalho UHE Risoleta Neves - Candonga
ANEXO VII - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)

ANEXO VIII – Controle das Revisões Efetuadas

## SUMÁRIO EXECUTIVO

A Fundação Renova (FUNDAÇÃO) contratou a CH2M do Brasil Engenharia Ltda. (CH2M) para a elaboração de um Plano de Manejo de Rejeito (Plano), em função do rompimento da barragem de Fundão, localizada no Complexo de Mineração de Germano, Município de Mariana, Estado de Minas Gerais, ocorrido em 05 de novembro de 2015.

A revisão 00 do Plano de Manejo de Rejeito foi protocolada nos órgãos ambientais, pela Fundação Renova, em 20/04/2017. A versão aqui proposta refere-se à revisão 01, a qual já incorpora a análise técnica e foi realizada após avaliação conjunta dos membros da Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-Rejeitos).

Workshops foram realizados com a participação de cerca de 80 especialistas com objetivo de alcançar qualidade técnica devido à complexidade do tema, bem como de ter representatividade da sociedade. A construção desse documento é fruto da participação de aproximadamente 30 instituições, especialistas, professores universitários de notório saber e partes interessadas, que, por meio de uma dinâmica de grupos de trabalho, contribuíram com temas prioritários a serem incorporados, objetivos, metodologias, técnicas de manejo e ressalvas, dentre outros.

Conforme estudos realizados, um volume estimado em cerca de 43,7 Mm<sup>3</sup> (milhões de metros cúbicos) de rejeitos e água (onda de cheia), que representou aproximadamente 77% de um volume total de 56,6 Mm<sup>3</sup> de materiais contido na barragem de Fundão, foi liberado quando do rompimento da barragem e após, em razão das chuvas ocorridas posteriormente.

Para fins deste Plano, foi adotada a definição de material detrítico, que se refere à mistura de rejeitos, que, durante o trajeto após o rompimento da barragem, incorporou sedimentos presentes nas calhas e planícies aluvionares, solos das planícies aluvionares e encostas, além da vegetação presente nas encostas (gramíneas, herbáceas e árvores de grande porte). Esse material possui características distintas do rejeito (fração estéril produzida pelo beneficiamento de minério) que estava contido na barragem de Fundão quando da ocorrência do rompimento.

No dia 02 de março de 2016 foi assinado o Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), entre Samarco Mineração S.A. (Samarco), suas acionistas, Vale S.A. (Vale) e BHP Billiton Brasil Ltda. (BHP), e Governo Federal, Governos Estaduais de Minas Gerais e Espírito Santo, e outros órgãos governamentais. As Cláusulas 150 a 157 do TTAC detalham as ações e compromissos específicos quanto ao manejo de rejeito, as quais foram incorporados no **Programa de Manejo de Rejeitos (“PG23”)**, cujo objetivo é realizar estudos de identificação e de avaliação detalhada da Área Ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento), e realizar o manejo de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, conforme resultados dos estudos previstos neste programa, bem como considerando os fatores ambientais, sociais e econômicos da região.

Os Planos de Manejo para a UHE Risoleta Neves (Candonga) e para Bento Rodrigues serão tratados separadamente. Essas duas áreas terão Planos de Manejo específicos que estarão alinhados com o Plano de Manejo Geral.

### **Objetivo e estrutura do Plano de Manejo**

O Plano de Manejo tem como objetivo principal apresentar diretrizes, conceitos, metodologias, técnicas, critérios e indicadores para tomada de decisão quanto ao manejo dos rejeitos para elaboração e execução de projetos aplicáveis a cada fração territorial nas áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão. O Gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito foi estabelecido conforme a Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA nº 002/2017. Foram definidas cinco fases para o processo de tomada de decisão, sendo estas sumarizadas a seguir, com as referências para as respectivas seções relevantes.

- Fase 1A – Nesta etapa o objetivo principal é realizar a caracterização do processo de transporte e deposição de rejeito em todo o trecho impactado, identificar aspectos físico-químicos do material detrítico e estimar o volume a partir dos dados existentes, bem como propor metodologia a ser utilizada para a obtenção do refinamento do valor do volume de rejeito na fase de aplicação do Plano.

- Fase 1B – Complementação da Caracterização Ambiental da Área Afetada: esta etapa ocorre paralelamente às demais etapas do fluxo apresentado. Considerando que todos os dados necessários para a tomada de decisão (Fase 2) não estão disponíveis atualmente e os estudos complementares podem levar um tempo considerável para serem executados e finalizados, o manejo de rejeitos será iniciado com os dados existentes e posteriormente reavaliado/readequado, com a inclusão destes novos dados. A Seção 8 descreve como os estudos complementares podem ser incorporados no processo de tomada de decisão. Ressalte-se que a inclusão de novos dados complementares para a caracterização ambiental poderá demandar uma reavaliação dos impactos ambientais e dos objetivos específicos. No caso específico do Termo de Referência de Análise de Risco à Saúde Humana, o mesmo foi revisado com base nas notas técnicas emitidas pela CT-Rejeitos considerando as áreas piloto recomendadas para Minas Gerais e Espírito Santo.

Caso haja mudanças nas condições ambientais, verificadas na primeira avaliação, a Fase 2 poderá requerer uma nova seleção de novas alternativas de manejo ou adequação da alternativa já implantada. A nova proposta também deverá ser validada pelos órgãos ambientais e aprovada pela CT-Rejeitos e pelo Comitê Interfederativo (CIF), além da anuência do proprietário, quando for o caso.

- Fase 2 – Tomada de Decisão e Seleção das Alternativas de Manejo: inclui as etapas do desenvolvimento das alternativas de manejo com a realização do processo de tomada de decisão, culminando na seleção da metodologia a ser aplicada na área. A análise das alternativas de manejo inclui a análise de viabilidade técnica destas. Serão apresentadas as tecnologias e outras alternativas para o manejo do rejeito considerando os riscos e/ou impactos oriundo da implementação destas tecnologias. O plano prioriza riscos para impedir danos adicionais. Para identificar alternativas será adaptado o processo denominado ITRC - *Interstate Technology and Regulatory Council* (2014), conforme as especificidades do projeto. As alternativas de manejo serão avaliadas em 2 níveis denominados: 1) Processo Simplificado de Tomada de Decisão e 2) Análise de Custo-Benefício. No presente documento

é apenas exemplificado, de forma ilustrativa, o processo de tomada de decisão sem a devida justificção das notas assinadas. No entanto, durante a aplicação do plano deverá ser apresentada a justificativa técnica detalhada para cada uma das notas apresentadas por cada critério na matriz utilizada no processo de tomada de decisão.

- Fase 3 – Avaliação Governamental da Proposta Apresentada: a validação inclui a avaliação técnica sobre a adequação da caracterização ambiental da área impactada aos critérios definidos, a verificação da identificação e do atendimento a todos objetivos específicos definidos, e a verificação da aplicação da metodologia estabelecida para seleção da alternativa de manejo considerando os impactos positivos e negativos durante e após a implantação da intervenção. A realização do manejo das áreas de forma integrada permite abranger as ações definidas para os demais programas e Câmaras Técnicas existentes, indicando a incorporação destas diretrizes nas ações propostas. O manejo integrado será a base para a aplicação do Plano de Manejo considerando a interface de todos os Programas, as Câmaras Técnicas e as ações desenvolvidas pela Fundação Renova.

Conforme definido em Nota Técnica, a consulta às partes interessadas, no que se refere à aprovação do plano de ações, se restringe ao corpo técnico dos órgãos ambientais, Câmaras Técnicas e outros envolvidos desta etapa.

- Fase 4 – Comunicação aos Proprietários: após validação do Plano de Manejo por parte dos órgãos ambientais e aprovação da CT-Rejeitos, a Fundação Renova obterá a anuência do proprietário da área caso haja intervenções em áreas de terceiros ou públicas. Para tanto, a Fundação Renova irá desenvolver os Planos de Comunicação para este fim, que estão atualmente em elaboração e serão discutidos previamente na CT-Rejeitos.
- Fase 5 – Implementação e Monitoramento da Alternativa Seleccionada: trata-se da implementação e monitoramento da alternativa de manejo selecionada. Dessa forma, a aplicação do Plano de Manejo é definida na Seção 10 e aborda as ações necessárias, a definição de indicadores para acompanhamento, a avaliação da performance das ações de manejo adotadas e os programas de

monitoramento. O Anexo I inclui a definição da metodologia de remoção, transporte e disposição final do rejeito.

### **Aplicação do Plano de Manejo**

O Plano de Manejo do Rejeito deverá ser aplicado nos 17 trechos previstos nesse documento, sendo que a aplicação ocorrerá por trechos, onde serão emitidos Volumes específicos para cada trecho, bem como a consolidação ao final de todos. Os Volumes serão incorporados ao Plano de Manejo, que seguirá para as devidas aprovações.

Durante esta fase de aplicação do plano, a caracterização ambiental da área afetada para cada trecho deverá ser aprimorada com base em coleta de dados em campo. O trecho 8 foi definido como “Área Piloto” no Estado de Minas Gerais para aplicação do Plano. No entanto, para o Estado de Espírito Santo, as lagoas Areal, Monsarás, Pandolfi e Nova, no Município de Linhares, serão consideradas com as áreas piloto para a aplicação do plano.

Os indicadores a serem considerados no Plano de Manejo de Rejeito, segundo a Fundação Renova, são:

- Indicadores de outros programas definidos pelo TTAC que possuem interface com o Manejo de Rejeito;
- Planos e Programas de monitoramentos já em andamento que visam acompanhar ao longo do tempo os impactos causados, bem como a eficácia das ações de intervenção já realizadas;
- Indicadores específicos do acompanhamento das ações e alternativas de manejo que serão executadas conforme a metodologia de tomada de decisão descrita anteriormente;

## 1 INTRODUÇÃO

A Fundação Renova contratou a CH2M do Brasil Engenharia Ltda. para a elaboração de um Plano de Manejo de Rejeito, em função do rompimento da barragem de Fundão, localizada no Complexo de Mineração de Germano, Município de Mariana, Estado de Minas Gerais, ocorrido em 05 de novembro de 2015. A barragem de Fundão era uma estrutura de contenção e deposição de rejeitos de beneficiamento de minério de ferro da Unidade Industrial de Germano, da empresa Samarco Mineração S.A.

Conforme estudos realizados, um volume estimado em cerca de 43,7 Mm<sup>3</sup> de rejeitos e água, que representou aproximadamente 77% de um volume total de 56,6 Mm<sup>3</sup> de materiais contidos na barragem de Fundão, foi liberado quando do rompimento da barragem e após, em razão das chuvas ocorridas posteriormente.

No dia 02 de março de 2016 foi assinado o TTAC, entre a Samarco Mineração S.A., suas acionistas, Vale S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda., e Governo Federal, Governos Estaduais de Minas Gerais e Espírito Santo, e outros órgãos governamentais. O TTAC define a FUNDAÇÃO como o ente responsável pela gestão e execução dos programas socioambientais e socioeconômicos que têm o objetivo de reparar, restaurar, reconstruir e compensar os danos causados e as comunidades impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão. A FUNDAÇÃO foi constituída em 24 de junho de 2016.

Dentre as cláusulas do TTAC, na sua Cláusula 15, que define os eixos temáticos dos programas socioambientais, prevê:

### I. Gestão dos Rejeitos e recuperação da Qualidade da Água

a) Programa de manejo dos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, considerando conformação e estabilização *in situ*, escavação, dragagem, transporte, tratamento e disposição; e

b) Programa de implantação de sistemas de contenção dos rejeitos e de tratamento *in situ* dos rios impactados.

As Cláusulas 150 a 157 do TTAC detalham ações e compromissos específicos quanto ao manejo de rejeito, os quais foram incorporados no **Programa Manejo de Rejeitos (“PG23”)**, que tem como objetivo realizar estudos de identificação e de

avaliação detalhada da Área Ambiental 1<sup>1</sup>, e o manejo de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão conforme resultados dos estudos previstos neste programa, bem como considerando os fatores ambientais, sociais e econômicos da região.

Após o rompimento da barragem de Fundão, em 05 de novembro de 2015, diversas atividades foram realizadas em relação ao manejo de rejeitos com os seguintes objetivos: controlar erosões e carreamento de mais sedimento para os cursos d'água, e 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 Rejeito.

O histórico dos principais marcos relacionados ao manejo de rejeitos é apresentado na **Tabela 1-1** abaixo:

---

<sup>1</sup> Áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento

**Tabela 1-1. Histórico Principais Marcos Relacionados ao Manejo de Rejeitos**

Período	Principais Marcos
Nov. /15	Iniciados os trabalhos de abertura de acessos e remoção de rejeitos nas áreas urbanas impactadas.
Dez. /15	Finalizados os trabalhos de remoção de rejeitos e material lenhoso das margens do rio Doce nos municípios de Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.
Fev. /16	Iniciados os trabalhos de remoção de rejeitos em Candonga.
	Finalizada a obra de contenção do Dique S3.
Mar. /16	Assinado o Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC).
Jul. /16	Apresentação do documento “Avaliação de Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão” (Golder Associates, 2016) em cumprimento à Cláusula 150.
Set. /16	Apresentação do documento “Relatório de Trabalho de Campo” e “Plano de Amostragem de Análises (SAP)” em complementação ao estudo geoquímico.
	Realizados workshops técnicos sobre o estudo geoquímico, estudo geomorfológico, recuperação ambiental de tributários e obras de estabilização e controle de erosão nos rios principais.
Ago. /16	Finalizadas as ações de remoção de rejeitos na área urbana do Município de Barra Longa/MG.
Out. /16	Apresentação do documento “Memorando Técnico de Extração Sequencial” em complementação ao estudo geoquímico.
Nov. /16	Apresentação do documento <i>Peer Review</i> do estudo geomorfológico.
	Emitida decisão judicial exigindo a apresentação de Plano de Manejo de Rejeito validado pelos órgãos ambientais até 09 de maio de 2017.
Janeiro/Fevereiro/Março de 2017	Conclusão das obras do Dique S4.
	Realização do Workshop de Manejo de Rejeitos – 1º, 2º e 3º Encontros – para o processo de engajamento e construção do Plano de Manejo de Rejeito.

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2017

Em meio às tratativas que se encontravam em andamento entre a FUNDAÇÃO e a Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental para definição das diretrizes para manejo dos rejeitos, as mantenedoras da FUNDAÇÃO – Samarco, Vale e BHP – receberam uma notificação judicial para que fosse apresentado, até 09/05/2017, um Plano de Manejo de Rejeito validado pelos órgãos ambientais competentes.

A **Tabela 1-2** apresenta a compilação dos principais processos judiciais recebidos pela Samarco relacionados ao tema de manejo de rejeitos:

**Tabela 1-2. Principais Processos Jurídicos Relacionados ao Manejo de Rejeitos**

<b>Processo correspondente</b>	<b>Instrumento (Acordo ou decisão)</b>
6132918-29.2015.8.13.0024	ACP Candonga. Ação Civil Pública (ACP) ajuizada pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG) em face da Samarco e do Consórcio Candonga, objetivando a retirada de lama e esvaziamento preventivo da Usina Hidrelétrica (UHE) Risoleta Neves, de forma a manter apenas o nível mínimo operativo para comportar o fluxo de rejeitos decorrente de eventual rompimento das barragens do Complexo Germano.
0117862-85.2016.8.13.0521	ACP Ponte Nova III. Ação ajuizada pelo MPMG contra Samarco e suas acionistas, objetivando a remoção de rejeitos que supostamente vêm sendo depositados em locais inadequados, tais como nas calhas e margens do Rio Doce, e em todos os demais pontos de disposição dos Municípios integrantes da Comarca de Ponte Nova, o que supostamente causaria sérios danos ao meio ambiente e à saúde pública.
0048304-98.2016.8.13.0400	ACP XI Mariana. Ação ajuizada pelo MPMG contra Samarco e suas acionistas, objetivando a retirada dos rejeitos depositados às margens de rios que cortam o Município de Mariana e sua disposição em cavas de mineração desativadas, ou em outro local adequado e licenciado.

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2017 – Proposta Plano de Trabalho

Para a elaboração do Plano de Manejo de Rejeito foram realizados, nos dias 25 de janeiro de 2017, 23 fevereiro de 2017 e 13 março de 2017, 3 (três) workshops mediados pela Fundação Dom Cabral com o objetivo de obter contribuições que foram a base para a construção do documento ora apresentado neste relatório. A construção desse documento é fruto da participação de diversas instituições, especialistas, professores universitários de notório saber e partes interessadas, que, por meio de uma dinâmica de grupos de trabalho, contribuíram com os temas prioritários como objetivos, metodologias, técnicas de manejo e ressalvas, dentre outros.

O Plano aqui apresentado será a principal diretriz que incluirá o planejamento macro das ações a serem realizadas visando o manejo de rejeito decorrente do rompimento da barragem de Fundão. Adicionalmente, o Plano é um documento dinâmico que será continuamente revisado à medida que novos estudos, técnicas e/ou metodologias forem incorporados no processo.

O Plano define diretrizes e estabelece a metodologia para a tomada de decisão a respeito do manejo dos rejeitos que foram depositados no ambiente. O processo é

composto por passos lógicos para identificar riscos, impactos e oportunidades, definir opções para endereçá-los e, então, por fim, avaliar aquelas alternativas de manejo que se apresentam mais efetivas na minimização dos impactos e na restauração do ambiente. Uma vez aprovada a metodologia, ocorrerá a aplicação do plano para cada um dos trechos dos rios impactados e a elaboração do detalhamento técnico e descrição prática específica de manejo de rejeito, bem como a elaboração dos projetos conceituais/básicos e executivos.

Esse Plano aponta, ainda, a necessidade de estudos complementares, uma vez que ainda não são conhecidos todos os efeitos do evento ou como as áreas irão se comportar frente às ações de recuperação.

Desta maneira, o processo de tomada de decisão referente ao manejo de rejeitos acontecerá em dois momentos:

- 1º momento: Decisão, definição e implementação de ações com base nas informações atualmente existentes.
- 2º momento: Decisão, definição e reavaliação/readequação (se necessário) das ações com base nas informações de estudos complementares aos atualmente existentes.

Para fins deste Plano, foi adotada como definição de “rejeitos” a fração estéril produzida pelo beneficiamento de minério, depositada nas barragens em formato de polpa, após a redução da umidade por meio dos processos de deslamagem, na forma de rejeito grosseiro (arenoso) e fino (lama).

Adicionalmente, para o termo “material detrítico” foi adotada como definição a mistura de rejeitos que, durante o trajeto, incorporou sedimentos presentes nas calhas e planícies aluvionares, solos das planícies aluvionares e encostas, além da vegetação presente nas encostas (gramíneas, herbáceas e árvores de grande porte).

O Plano de Manejo de Rejeito refere-se a uma parte dentre um conjunto de ações e atividades (“Programas”) que vêm sendo implementadas pela FUNDAÇÃO, fruto da assinatura do TTAC. Dessa forma, a integração desses programas é fundamental para atingir o desempenho e os objetivos aqui propostos.

Os seguintes “Programas” possuem interface e conexão direta com o Plano de Manejo de Rejeito, ora apresentado:

**Tabela 1-3. Interface e Conexão Direta com o Plano de Manejo de Rejeito**

Programa	Cláusulas TTAC	Tema	Programas
PG006	59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72		Programa de Comunicação, Participação, Diálogo e Controle Social
PG008	76, 77, 78		Programa de reconstrução, recuperação e realocação de Bento Rodrigues, Paracatu de Baixo e Gesteira
PG009	79, 80, 81		Programa de recuperação do Reservatório da UHE Risoleta Neves
PG010	82, 83, 84, 85, 86, 87, 88	Infraestrutura	Programa de Recuperação das demais Comunidades e Infraestruturas impactadas entre Fundão e Candonga, inclusive Barra Longa.
PG012	95, 96, 97, 98, 99, 100		Programa de Preservação da Memória Histórica, Cultural e Artística
PG016	116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123	Economia	Programa de Retomada das Atividades Aquícolas e Pesqueiras
PG017	124, 125, 126, 127, 128		Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias
PG023	150, 151, 152, 153	Gestão dos Rejeitos e Recuperação da Qualidade da Água	Programa de manejo dos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, considerando conformação e estabilização in situ, escavação, dragagem, transporte, tratamento e disposição
PG024	154, 155, 156, 157		Programa de implantação de sistemas de contenção dos rejeitos e de tratamento in situ dos rios impactados, englobando as seguintes medidas de cunho reparatório
PG025	158, 159, 160	Restauração Florestal e Produção de Água	Programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando as seguintes medidas de cunho reparatório
PG026	161, 162		Programa de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de recarga da Bacia do Rio Doce com controle de processos erosivos, de acordo com as seguintes medidas e requisitos de cunho compensatório

Programa	Cláusulas TTAC	Tema	Programas
PG028	164, 165, 166		Programa de conservação da biodiversidade aquática, incluindo água doce, zona costeira e estuarina e área marinha impactada, englobando as seguintes medidas de cunho reparatório
PG030	168	Conservação da Biodiversidade	Medidas de cunho compensatório Programa de conservação da fauna e flora terrestre de cunho reparatório
PG037	177, 178, 179, 180		Programa de investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarina, costeiras e marinha impactadas, englobando as seguintes medidas de cunho reparatório e compensatório
PG040	184	Gerenciamento do Plano de Ações	Programa de gerenciamento do plano de recuperação ambiental da bacia do rio Doce, áreas estuarinas, costeiras e marinha

A abrangência do Plano de Manejo de Rejeito considera todos os tipos de depósitos de rejeitos identificados na área impactada, a saber:

- Depósitos extra calha (encostas, planícies aluvionares e margens), cuja remobilização natural se dá por processos de erosão pluvial; e
- Depósitos na calha dos rios, cuja movimentação é fortemente influenciada pela dinâmica fluvial.

Em termos de área de abrangência, o Manejo do Rejeito possui interface com outros Programas Socioambientais em andamento para atendimento ao TTAC. Essa interface e as ações de cada programa serão incorporadas no processo de tomada de decisão quanto às ações/soluções de manejo propostas.

Desta forma, o Plano de Manejo de Rejeito deverá sempre incorporar as propostas de outros programas da Fundação Renova de forma a integrar e associar as iniciativas para proposição de soluções mais adequadas.

A revisão 00 do Plano de Manejo de Rejeito foi protocolada nos órgãos ambientais, pela Fundação Renova, em 20/04/2017. A versão aqui proposta refere-se à revisão 01, que já incorpora a análise técnica dos seguintes documentos:

- Relatório Técnico GESAD/GERAC nº 02/2017, de 01/06/2017;

- Nota Técnica Conjunta GTECAD/IEMA nº 07/2017, de 05/06/2017, emitida pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) – Referência: Plano de Manejo de Rejeito (PMR) – Fundação Renova;
- MEMO.GBCCCR/DCRE/IEF/SISEMA nº 23/17, de 07/06/2017, emitido pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) – Nota sobre o Anexo IV do Plano de Manejo de Rejeito;
- Nota Técnica Avaliação do Plano de Manejo de Rejeito da região de Bento Rodrigues, de 09/06/2017, emitida pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM);
- Parecer técnico nº 1/2017-SUPES-MG, de 12/06/2017, emitido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Superintendência do IBAMA em Minas Gerais;
- Parecer Técnico nº 7/2017 – COREC/CGBIO/DBFLO, de 12/06/2017, emitido pela Câmara Técnica de Restauração Florestal e Produção de Água (CT-Flor);
- Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA nº 002/2017, de 22/06/2017 – Assunto: Análise do plano de Manejo de Rejeito apresentado pela Fundação Renova;
- Nota Técnica IBAMA/SISEMA nº 001/2017, de 22/06/2017 – Assunto: Análise do Anexo II Plano de Manejo UHE Risoleta Neves (Candonga) constante do Plano de Manejo de Rejeito.

O **Anexo VIII** apresenta o controle das revisões efetuadas, visando demonstrar o atendimento das análises técnicas descritas acima.

## 2 OBJETIVO

Os objetivos gerais deste Plano são:

- Apresentar diretrizes, conceitos, metodologias, técnicas e critérios para tomada de decisão quanto ao manejo dos rejeitos e para a elaboração e execução de projetos aplicáveis a cada fração territorial nas áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão.

A aplicação do Plano de Manejo de Rejeito promoverá:

- Mobilização e engajamento da sociedade objetivando a legitimidade das ações a serem desenvolvidas;
- Compatibilidade dos aspectos técnicos e de exequibilidade de maneira a assegurar a eficácia e eficiência dos projetos;
- Transformação das áreas atingidas com vistas a uma recuperação da qualidade socioeconômica, humana e ambiental da área impactada; e
- Cumprimento de acordos e termos preestabelecidos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão.

Por meio dos objetivos gerais é possível definir os objetivos em termos de ações específicas, a saber:

- Minimização dos potenciais riscos futuros, quando identificados, decorrentes da presença dos rejeitos no meio ambiente;
- Mitigação dos impactos atuais decorrentes do rompimento da barragem do Fundão e/ou de eventos posteriores ao rompimento (ex.: a segunda estação chuvosa após o evento principal); e
- Incorporação de melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas (como a restauração da produtividade da terra, da função ecológica do ambiente, da qualidade da água superficial e etc.).

A definição do objetivo do Plano de Manejo de Rejeito foi construída em conjunto com os especialistas e participantes do Workshop de Manejo de Rejeito.

Todo o processo de implementação do Plano de Manejo de Rejeito será respaldado por um fluxo de Governança que prevê a interface com as partes interessadas antes, durante e após a tomada de decisão quanto à ação de manejo a

ser adotada. Esse modelo de governança previamente estabelecido deverá ser testado a fim de avaliar sua efetividade e aderência no decorrer do processo.

São pilares para alcance dos objetivos e resultados do Plano:

1. Atores sociais engajados:

- Usuários das águas na área afetada;
- Órgãos ambientais;
- Proprietários e Comunidades impactadas;
- Prefeituras; e
- Comitês de Bacias.

2. Regulamentações, diretrizes e boas práticas:

- Públicas (Federal, Estadual, Municipal); e
- Privadas.

### 3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

O Plano de Manejo de Rejeito foi elaborado com base em parâmetros legais. A **Tabela 3-1** apresenta as principais normas legais aplicáveis ao caso.

**Tabela 3-1. Legislações Aplicáveis**

Parâmetro	Nível	Dispositivos Legais	Descrição
<i>Constituição da República Federativa do Brasil</i>	Federal	Constituição da República Federativa do Brasil de 1998	Constituição da República Federativa do Brasil
<i>Política Nacional do Meio Ambiente</i>	Federal	Lei nº 6.938, de 31/08/1981	Política Nacional do Meio Ambiente
<i>Geral</i>	Federal	Lei nº 9.985, de 18/07/2000	Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências
	Federal	Lei nº 12.651, de 25/05/2012	Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências
	Federal	Lei nº 9.605, de 12/02/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
	Federal	Lei nº 5.197, de 03/01/1967	Dispõe sobre a proteção da fauna, alterada e pela Lei nº 7.653, de 12 de fevereiro 1988
	Federal	Lei nº 12.305, de 02/08/2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos.
	Federal	ABNT 16.290/2013	Avaliação de Risco para a Saúde Humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas
	Estadual (MG)	Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09/09/2004	Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina

Parâmetro	Nível	Dispositivos Legais	Descrição
			normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências
	Estadual (MG)	Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08/09/2010	Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas
	Estadual (MG)	Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF / IGAM nº 2.410, de 05/10/2016	Institui Comissão Interna para acompanhamento de ações e diligências relativas ao rompimento da barragem do Complexo Minerário de Germano, da empresa Samarco Mineração S.A.
	Estadual (MG)	Resolução conjunta SEMAD/IEF nº 1905, de 12/08/2013	Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências
	Estadual (MG)	Termo de Referência para apresentação de comunicação de obras e intervenções emergenciais FUNDAÇÃO	Com o objetivo de otimizar a gestão, o planejamento e a execução de ações a partir de uma visão integral e sistêmica da área diretamente afetada pelo rompimento da Barragem de Fundão, bem como das áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, solicitamos que a FUNDAÇÃO siga as recomendações descritas em anexo, na gestão das obras e intervenções caracterizadas como emergenciais
	Estadual (MG)	Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IGA M nº 2.426, de 18/11/2016	Dispõe sobre a criação de um Grupo de Trabalho para propor a regulamentação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) no âmbito do estado de Minas Gerais, para barragens de acumulo destinadas à preservação de água exceto para fins de aproveitamento hidrelétrico, bem como para propor procedimentos de cadastro, classificação, e auditoria de segurança para essas barragens, em consonância com as diretrizes da PNSB
	Estadual (MG)	Resolução Conjunta	Estabelece procedimentos para levantamento e diagnóstico de

Parâmetro	Nível	Dispositivos Legais	Descrição
		SEMAD/IEF/FEAM /IGAM nº 2.459, de 20/01/2017	orientações técnicas e normativas utilizadas nos processos de regularização e de fiscalização ambiental no âmbito do SISEMA
	Estadual (ES)	Resolução CONSEMA nº 002, de 30/06/2010	Estabelece a Metodologia de Cálculo para a Compensação Ambiental no Estado do Espírito Santo
	Estadual (ES)	Decreto nº 2530-R, de 02/06/2010	Identifica Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade no Estado
	Estadual (ES)	Instrução Normativa nº 10, de 28/12/2010	Dispõe sobre o enquadramento das atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras do meio ambiente com obrigatoriedade de licenciamento ambiental junto ao IEMA e sua classificação quanto a potencial poluidor e porte
	Estadual (ES)	Resolução CONSEMA nº 003/2011	Institui diretrizes gerais para elaboração de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD e estabelece procedimentos relacionados ao tema
	Estadual (ES)	Lei nº 10.098, de 15/10/2013	Institui o Cadastro Técnico Estadual de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais - CTEES e a Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental do Espírito Santo - TCFAES e dá outras providências
	Estadual (ES)	Resolução AGERH nº 043/2016	Dispõe sobre Inserção de municípios, parte de municípios ou localidades em situação extremamente crítica, atualizando o quadro em anexo à Resolução AGERH 038/16 e SUSPENSÃO temporária de ACC's
	Estadual (ES)	Portaria Conjunta SEAMA/IEMA/AGERH nº 2-R, de 03/01/2017	Declara mantida situação de Emergência na região da Bacia Hidrográfica do Rio Doce
<i>Lançamento de efluentes e qualidade de água</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências
	Federal	Resolução CONAMA nº 430, de 13/05/2011	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>	<b>Dispositivos Legais</b>	<b>Descrição</b>
	Federal	Resolução CONAMA nº 274, de 29/11/2000	Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o Território Nacional, bem como determina os padrões de lançamento
	Federal	Portaria do MS nº 2.914, de 12/12/2011.	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade
	Federal	Resolução ANA nº 724, de 03/10/2011	Estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA)
	Federal	Lei nº 9.433, de 08/01/1997	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989
	Federal	Lei nº 9.984, DE 17/07/2000.	Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências
	Federal	Resolução CNRH nº 29, de 11/12/2002	Dispõe sobre o uso de recursos hídricos relacionados à atividade minerária e sujeitos a outorga
	Estadual (MG)	Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH/MG nº 01/2008.	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências
	Estadual (MG)	Resolução CNRH nº 148, de 13/12/2012	Aprova o Detalhamento Operativo do Programa IX do Plano Nacional de Recursos Hídricos
	Estadual (MG)	Lei nº 21.972, de 21/01/2016.	Dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema – e dá outras providências
	Estadual (MG)	Portaria IGAM nº 87, de 24/09/2008	Dispõe sobre a autorização prévia para intervenção emergencial em corpo hídrico

<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>	<b>Dispositivos Legais</b>	<b>Descrição</b>
	Estadual (ES)	Lei nº 10.179, de 18/03/2014	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Espírito Santo – SIGERH/ES e dá outras providências
<i>Qualidade de Águas Subterrâneas</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 396, de 03/04/2008	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências
	Estadual (ES)	Lei nº 6.295 de 29/03/2010	Dispõe sobre a administração, proteção e conservação das águas subterrâneas do domínio do Estado e dá outras providências
<i>Resíduos Sólidos</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 313, de 29/10/2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.
	Federal	ABNT NBR 10.004/2004	Resíduos Sólidos - Classificação
	Federal	ABNT NBR 10.005/2004	Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos
	Federal	ABNT NBR 10.006/2004	Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos
	Federal	Lei nº 9.264 de 16/07/2009	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências correlatas
	Estadual (ES)	Resolução CONSEMA nº 00207 de abril de 2009	Dispõe sobre aprovação do Projeto de Lei que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências correlatas
	Estadual (ES)	Instrução Normativa nº 014, de 01/12/2008	Dispõe sobre os procedimentos relacionados ao licenciamento ambiental de coleta e transporte rodoviário de produtos e resíduos perigosos e resíduos de serviços de saúde
<i>Emissões Atmosféricas e Qualidade do Ar</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/1990	Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR
	Federal	Resolução nº 5, de 15/06/1989	Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR
	Federal	Resolução CONAMA nº 382, de 26/12/2006	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas
	Federal	Resolução CONAMA nº 436, de 22/12/2011	Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de

<b>Parâmetro</b>	<b>Nível</b>	<b>Dispositivos Legais</b>	<b>Descrição</b>
			licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007
	Estadual (ES)	Decreto nº 3463-R DE 16/12/2013	Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas
<i>Dragagem</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 454, de 01/11/2012	Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional
	Federal	Resolução CONAMA nº 420, de 28/12/2009	Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas
	Federal	Resolução CONAMA nº 460, de 30/12/2013	Altera a Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e dá outras providências
<i>Qualidade do Solo</i>	Estadual (MG)	Deliberação Normativa COPAM nº 116, 27/06/2008	Dispõe sobre a declaração de informações relativas à identificação de áreas suspeitas de contaminação e contaminadas por substâncias químicas no Estado de Minas Gerais
	Estadual (MG)	Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08/09/2010	Institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, que estabelece as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias químicas
	Estadual (MG)	Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29/06/2011	Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos
	Federal	Decreto Lei nº 25, de 30/11/1937	Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional
<i>Patrimônio histórico, cultural e arqueologia</i>	Federal	Decreto Lei nº 3.866, de 29/11/1941	Dispõe sobre [cancelamento de] tombamento de bens no Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
	Federal	Lei nº 3.924, de 26/11/1961	Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos
	Federal	Decreto Legislativo nº 74, de 30/06/1977	Aprova o texto da Convenção Relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural

Parâmetro	Nível	Dispositivos Legais	Descrição
	Federal	Lei nº 9.605, de 12/02/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências
	Federal	Decreto nº 95.733, de 12/02/1988	Dispõe sobre a inclusão no orçamento dos projetos e obras federais, de recursos destinados a prevenir ou corrigir os prejuízos de natureza ambiental, cultural e social decorrente da execução desses projetos e obras
	Federal	Decreto nº 6.514, de 22/07/2008	Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências
<i>Ruídos e Vibrações</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 1, de 08/03/1990	Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política
	Federal	ABNT NBR 7497/82	Vibrações mecânicas e choques
	Federal	ABNT NBR 10.151, 07/2009	Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade
	Estadual (MG)	Lei nº 7.302, de 21/07/1978	Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais
	Estadual (MG)	Lei nº 10.100, de 17/01/1990	Dá nova redação ao artigo 2º da Lei nº 7.302, de 21 de julho de 1978, que dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais
<i>Licenciamento</i>	Federal	Resolução CONAMA nº 237, 19/12/1997	Dispõe sobre licenciamento ambiental
	Estadual (MG)	Lei nº 7.772, de 08/09/1980.	Licenciamento ambiental é o procedimento administrativo por meio do qual o poder público autoriza a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores
	Estadual (MG)	Decreto Estadual 47.137, de 24/01/2017	Altera o Decreto Estadual 44.844, de 25/06/2008 que estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização

Parâmetro	Nível	Dispositivos Legais	Descrição
			ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades
	Estadual (MG)	Deliberação Normativa COPAM 209 de 25/05/16	Altera a Deliberação Normativa COPAM nº 17, de 17 de dezembro de 1996, que dispõe sobre prazo de validade de licenças ambientais, sua revalidação e dá outras providências
	Estadual (ES)	Instrução Normativa IEMA nº 014-N, 07/12/2016	Dispõe sobre o enquadramento das atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras do meio ambiente com obrigatoriedade de licenciamento ambiental junto ao IEMA e sua classificação quanto a potencial poluidor e porte
	Estadual (ES)	Instrução Normativa IEMA nº 017-N, DE 07/12/2016.	Dispõe sobre os procedimentos administrativos relacionados aos processos de licenciamento do IEMA de atividades ou empreendimentos considerados de impacto ambiental local, realizados em municípios competentes a exercer o licenciamento ambiental
	Estadual (ES)	Decreto nº 4039-R, de 07 de dezembro de 2016	Atualiza as disposições sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental e Controle das Atividades Poluidoras ou Degradadoras do Meio Ambiente - SILCAP

#### 4 CONCEITO DO PLANO

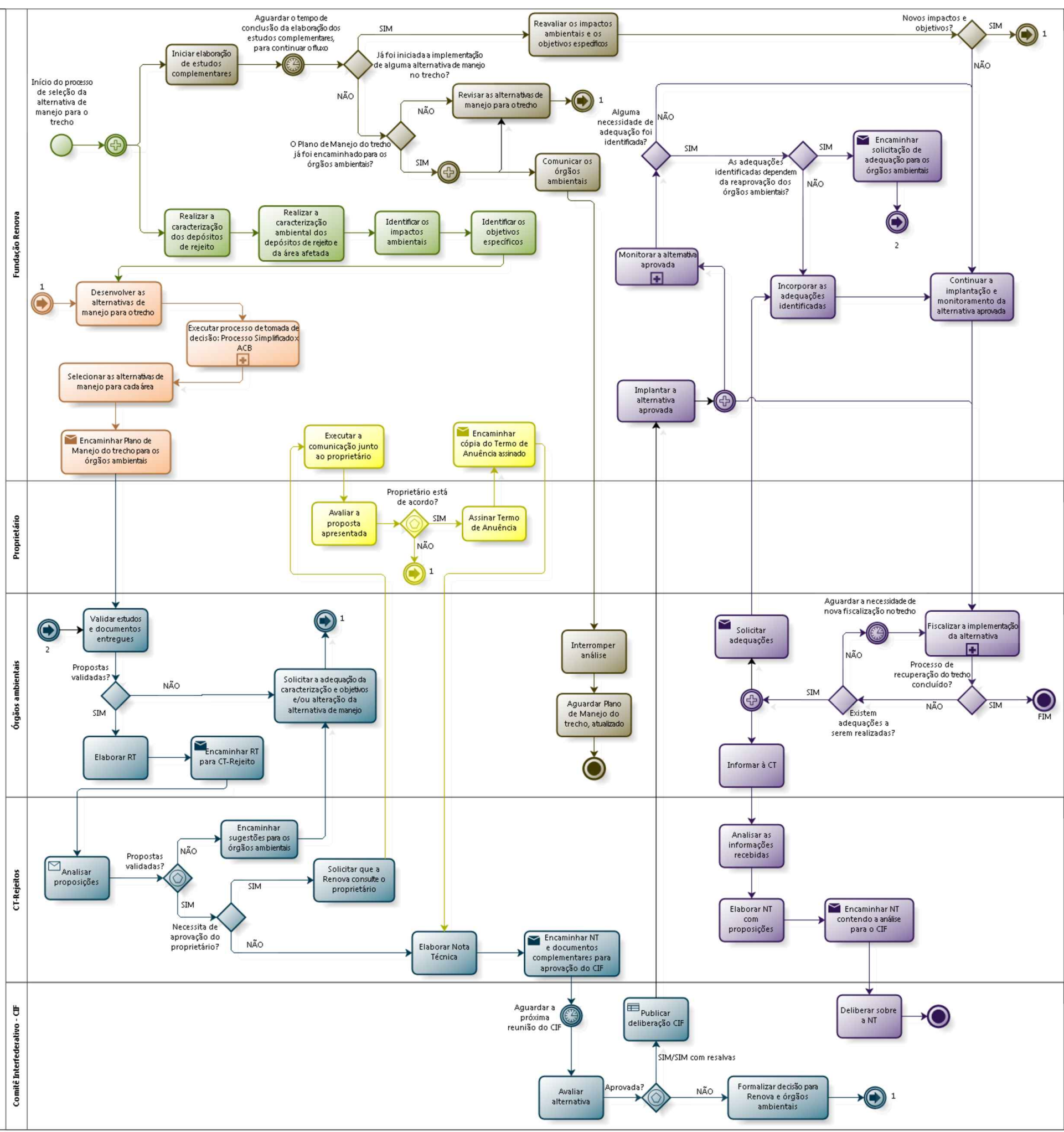
O Plano de Manejo de Rejeito define diretrizes para a tomada de decisão a respeito do manejo dos rejeitos que foram depositados no ambiente.

O fluxograma para o Gerenciamento do Plano de Manejo de Rejeito, conforme proposto na Nota Técnica IBAMA/SISEMA/IEMA nº 002/2017, encontra-se apresentado no **Fluxograma 4-1**.

Foram definidas cinco fases para o processo de tomada de decisão, sendo:

- Fase 1A – Caracterização ambiental da área afetada;
- Fase 1B – Complementação da caracterização ambiental da área afetada;
- Fase 2 – Tomada de decisão e seleção das alternativas de manejo;
- Fase 3 – Avaliação governamental da proposta apresentada;
- Fase 4 – Comunicação aos proprietários; e
- Fase 5 – Implementação e monitoramento da alternativa selecionada.

FLUXO DE TOMADA DE DECISÃO - PLANO DE MANEJO



LEGENDA	
	Fase 1A: Caracterização ambiental da área afetada
	Fase 1B: Complementação da caracterização ambiental da área afetada
	Fase 2: Tomada de decisão e seleção das alternativas de manejo
	Fase 3: Avaliação governamental da proposta apresentada
	Fase 4: Comunicação aos proprietários
	Fase 5: Implementação e monitoramento da alternativa selecionada

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
Fluxograma 4-1  
Fluxograma para o Gerenciamento do  
Plano de Manejo de Rejeitos

Plano de Manejo de Rejeito

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	10/03/2017	rutima	MB	AG	RA0

Cada uma das etapas estabelecidas no **Fluxograma 4-1** é descrita a seguir, com as referências para as seções relevantes.

#### 4.1 FASE 1A – CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA AFETADA

Nesta etapa o objetivo principal é realizar a caracterização do processo de transporte e deposição de rejeito em todo o trecho impactado, identificar aspectos físico-químicos do material detrítico e estimar o volume a partir dos dados existentes, bem como propor metodologia a ser utilizada para a obtenção do refinamento do valor do volume de rejeito na fase de aplicação do Plano.

As Seções 5 - Definição do Problema, 7 - Descrição Sucinta das Ações em Andamento Voltadas ao Manejo de Rejeito e 8 - Divisão Espacial Para Avaliação Setorizada e Definição dos Objetivos Específicos, do Plano de Manejo de Rejeito estabelecem as bases da caracterização ambiental da área impactada. As mesmas devem ser aprimoradas durante a Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito conforme indicado na Seção 11.

Para fins de aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, a área impactada foi subdividida considerando os aspectos físicos dos processos de deposição dos materiais sólidos carreados pelo evento, as características dos cursos de água e seu relevo e a abrangência espacial das áreas afetadas. Esta subdivisão resultou ainda em 17 trechos. Essa subdivisão é apresentada na Seção 8.3.

Para fins de tomada de decisão quando ao gerenciamento dos rejeitos atualmente depositados nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, deve-se avaliar os impactos associados à presença desse material no ambiente. Ressalta-se que tais questões não estão relacionadas ao evento do rompimento da barragem, mas sim à condição posterior, na qual há presença de rejeitos no ambiente.

A definição dos impactos decorrentes da presença de rejeitos no ambiente, bem como os objetivos específicos do manejo serão desenvolvidos nessa etapa.

#### 4.2 FASE 1B – COMPLEMENTAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA AFETADA

Esta etapa ocorre paralelamente às demais etapas do Manejo e, como ainda não existem todos os dados necessários para a tomada de decisão, de maneira que

os estudos complementares possuem prazos distintos para serem executados, o manejo de rejeitos será iniciado com os dados existentes e posteriormente reavaliado/readequado, com a inclusão destes novos dados, conforme estabelecido no **Fluxograma 4-1** proposto na CT-Rejeitos de 13/06/2017. A inclusão de novos dados complementares para a caracterização ambiental poderá demandar uma reavaliação dos impactos ambientais e dos objetivos específicos.

Caso haja mudanças nas condições ambientais verificadas na primeira avaliação, a Fase 2 poderá requerer uma nova seleção de alternativas de manejo ou adequação da alternativa já implantada. A nova proposta também deverá ser validada pelos órgãos ambientais e aprovada pela CT-Rejeitos e pelo CIF, além da anuência do proprietário, quando for o caso.

A caracterização ambiental envolverá estudos e complementações de dados de campo visando atingir os seguintes objetivos:

- Avaliação dos impactos atuais (i.e., residuais) decorrentes do rompimento da barragem e/ou de eventos posteriores (e.g., a segunda época chuvosa após o evento principal).
- Análise dos riscos futuros, decorrentes da presença dos rejeitos no meio ambiente.
- Identificação de oportunidades de incorporar melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas.

Os eventuais riscos à saúde humana e ecológicos serão identificados e analisados de acordo com os procedimentos discutidos na Seção 8, que descreve como os estudos complementares serão incorporados no processo de tomada de decisão.

#### 4.3 FASE 2 – TOMADA DE DECISÃO E SELEÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE MANEJO

Esta fase inclui as etapas do desenvolvimento das alternativas de manejo com a realização do processo de tomada de decisão, culminando na seleção da metodologia a ser aplicada na área. A análise das alternativas de manejo inclui uma análise da viabilidade técnica destas alternativas. Serão apresentadas as tecnologias e outras alternativas para o manejo do rejeito considerando os riscos e/ou impactos oriundo da implementação destas tecnologias, tanto durante a fase de operação quanto na etapa de operação. Para identificar alternativas será adaptado o processo

denominado ITRC - *Interstate Technology and Regulatory Council* (2014), conforme as especificidades do projeto.

Em princípio, as alternativas de manejo serão avaliadas em 2 níveis denominados: 1) Processo Simplificado de Tomada de Decisão e 2) Análise de Custo-Benefício. A Análise de Custo-Benefício (ACB) consiste em um conjunto de procedimentos para definir e comparar os custos e benefícios (ambiental, econômico e social) associados com decisões para implementar um projeto ou para empreender em um determinado investimento. Na medida do possível, benefícios e custos serão expressos em termos monetários e, portanto, serão diretamente comparáveis.

Os benefícios principais da ACB para o projeto incluem: *i)* A habilidade para direcionar preocupações econômicas, ambientais, sociais e econômicas; *ii)* Diminuir o número de critérios combinando quantos forem significativamente possíveis em tais unidades (Reais); e *iii)* Identificar as tecnologias de remoção/recuperação que proporcionem o maior valor por real gasto.

A ACB também incluirá a Análise de Equivalência de Habitat (*Habitat Equivalency Analysis - HEA*) para avaliar mudanças em serviços ecológicos que não sejam facilmente monetizados. Quaisquer outros critérios importantes que não sejam cobertos pela ACB poderão ser considerados juntamente com seus resultados.

ACB é um instrumento de tomada de decisão relativamente complexo. Quanto mais complexo o instrumento, mais dados são necessários (e conseqüentemente, mais tempo) para a tomada de decisão. Portanto, a ACB somente deverá ser utilizada para casos onde há uma certa dificuldade em atingir um consenso entre todas as partes interessadas. Para casos comparativamente simples, será possível usar o Processo Simplificada de Tomada de Decisão para identificar a melhor alternativa de manejo.

A Seção 10 apresenta os dois níveis de tomada de decisão empregados neste Plano. Todas estas atividades serão executadas pela Fundação Renova como segue:

- Apresentação do detalhamento técnico para cada uma das alternativas propostas para todo o processo de manejo (retirada/permanência, transporte e disposição), identificando as vantagens e desvantagens para cada técnica nas fases de implantação e em longo prazo;

- Apresentação da justificativa técnica detalhada para cada uma das notas apresentadas por cada critério na matriz utilizada no processo de tomada de decisão. Caso seja necessária a utilização da metodologia ACB, estará explicado o porquê de sua necessidade;
- A manutenção e o monitoramento das ações já em curso pela Fundação Renova; e
- Independente da alternativa de manejo adotada, em todas as áreas afetadas estão previstas ações de disciplinamento de águas pluviais. Será priorizado o controle dos processos erosivos e carreamentos existentes para que se possa decidir sobre a permanência ou retirada dos rejeitos. Será adotada a premissa “manter a água limpa, limpa”.

#### 4.4 FASE 3 – AVALIAÇÃO GOVERNAMENTAL DA PROPOSTA APRESENTADA

Para a alternativa de manejo selecionada deverá ser elaborado o projeto conceitual/básico e detalhado com cronograma de implementação.

A validação pelos órgãos ambientais das alternativas de manejo apresentadas pela Fundação Renova inclui a avaliação técnica sobre a adequação da caracterização ambiental da área impactada aos critérios definidos, a verificação da identificação e do atendimento a todos objetivos específicos definidos, e a verificação da aplicação da metodologia estabelecida para seleção da alternativa de manejo considerando os impactos positivos e negativos durante e após a implantação da intervenção.

A realização do manejo integrado das áreas permite abranger as ações definidas para os demais programas e Câmaras Técnicas existentes, indicando a incorporação destas diretrizes nas ações propostas. O manejo integrado será a base para a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, considerando a interface de todos os Programas correlatos, as Câmaras Técnicas e as ações desenvolvidas pela Fundação Renova.

#### 4.5 FASE 4 – COMUNICAÇÃO AOS PROPRIETÁRIOS

Após validação do Plano de Manejo de Rejeito por parte dos órgãos ambientais e aprovação da CT-Rejeitos, a Fundação Renova deverá buscar a anuência do

proprietário da área, caso haja intervenções em áreas de terceiros ou públicas. Para tanto, a Fundação Renova propõe dois Planos de Comunicação:

- Plano de Comunicação e consulta específicos para proprietários das áreas alvo de manejo (com modelo para assinatura de termo de anuência para intervenção proposta); e
- Plano de comunicação social para a sociedade em geral.

Esses planos de comunicação estão em elaboração e serão discutidos previamente na CT-Rejeitos.

#### 4.6 FASE 5 – IMPLEMENTAÇÃO E MONITORAMENTO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

A Fase 5 trata-se da implementação e monitoramento da alternativa de manejo selecionada. Dessa forma, o Plano de Manejo de Rejeito define, no capítulo 10, as ações necessárias para sua aplicação, a definição de indicadores para acompanhamento e avaliação da performance das ações de manejo adotadas, e os programas de monitoramento.

O **Anexo I** inclui a definição da metodologia de remoção, transporte e disposição final do rejeito. Esse anexo apresenta de forma teórica quais são essas alternativas. O detalhamento da técnica de manejo será apresentado na etapa de elaboração dos projetos conceituais /básicos e executivos.

Foram incluídas no Plano de Manejo de Rejeito, no **Anexo II**, as diretrizes para a recuperação das áreas impactadas, incluindo informações gerais sobre as ações emergenciais adotadas logo após a ocorrência do rompimento da barragem, além de outras ações em andamento cujo objetivo é restabelecer as condições anteriores ao rompimento, considerando aspectos da vegetação natural e área de preservação permanente, entre outros.

## 5 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

### 5.1 EXTENSÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA IMPACTADA

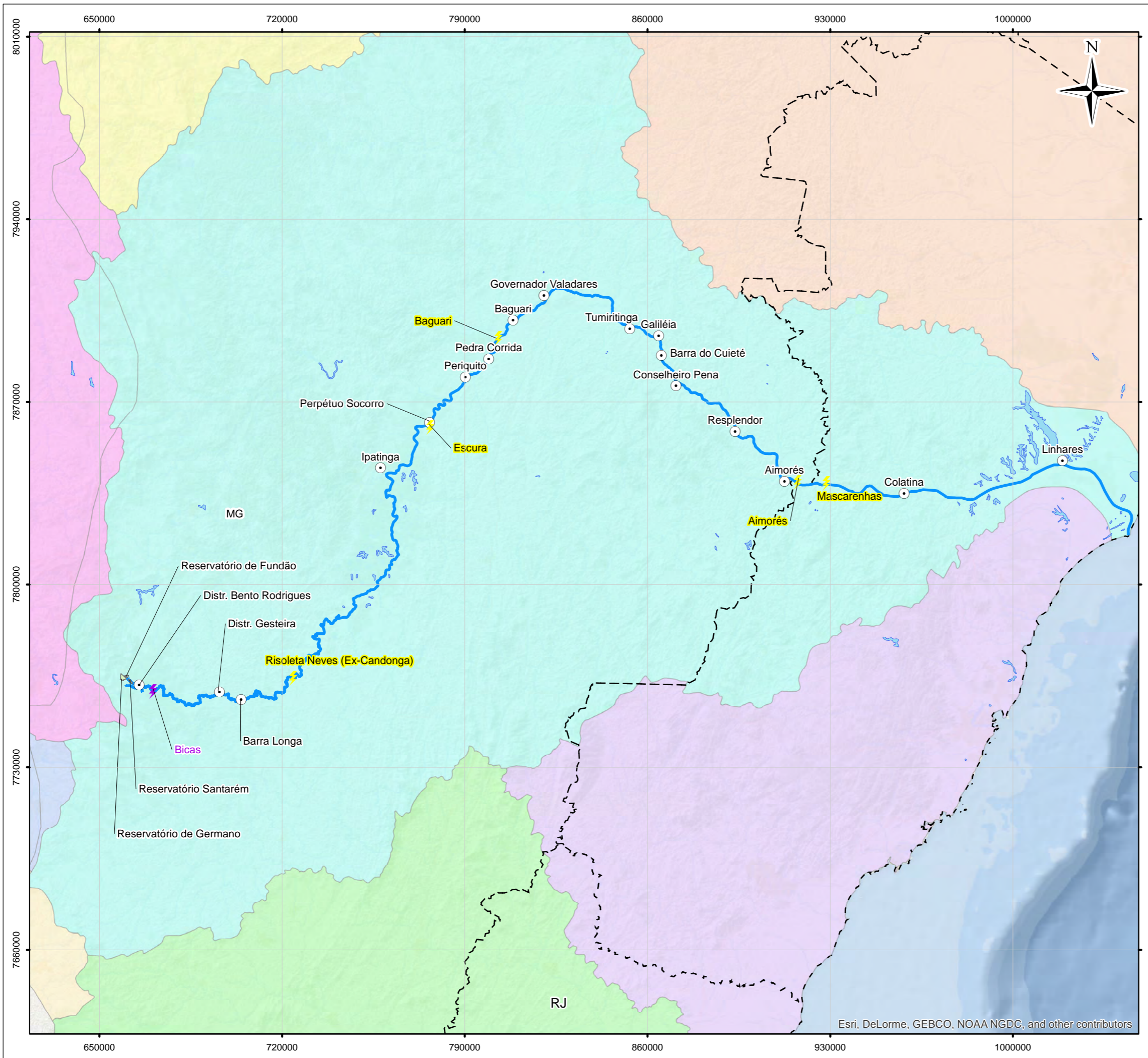
O Plano de Manejo de Rejeito é parte constituinte da Seção I do TTAC, intitulada “Gestão dos Rejeitos e Recuperação da Qualidade da Água”, Subseção I.1 – “Programa de manejo dos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, considerando conformação e estabilização in situ, escavação, dragagem, transporte, tratamento e disposição englobando as seguintes medidas de cunho reparatório”.

A Cláusula 150 estabelece que caberá à FUNDAÇÃO a realização de estudos de identificação e avaliação detalhada da Área Ambiental 1, considerando a situação anterior e os efeitos derivados do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão.

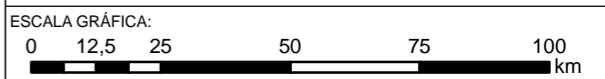
A Área Ambiental 1 é definida pelo TTAC em sua Cláusula 1ª como “as áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo EVENTO”.

A definição da Área Ambiental 1 engloba, portanto, os aproximadamente 668 km de rios desde o rio Gualaxo do Norte até a região marinha na foz do Rio Doce, extensão na qual ocorreram alterações bastante diversificadas, tanto em termos de processos como de abrangência espacial.

A **Figura 5-1** traz a extensão geográfica da área impactada.



- LEGENDA:**
- Usinas Hidrelétricas
  - Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)
  - Municípios/Distritos Afetados
  - Curso d'Água Impactado (668 km)
  - Divisa Estadual
  - Massa de Água
- Sub-Bacias**
- Alto Sao Francisco, ate Tres Marias
  - Das Velhas - Sao Francisco
  - Doce
  - Grande
  - Jequitinhonha
  - Litoraneas do Espirito Santo
  - Paraiba do Sul
  - Sao mateus, Itanhem e outros



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
**Figura 5.1**  
**Extensão da Área Geográfica Impactada**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 20/03/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: VE	APROV.: AG	REV.: RAO
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

## 5.2 CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DO REJEITO

A barragem de Fundão era uma estrutura de contenção e deposição de rejeitos de beneficiamento de minério de ferro da Unidade Industrial de Germano, da Samarco.

O rejeito foi liberado pelo rompimento da barragem e entrou no sistema fluvial à jusante. A medida que a onda de cheia fluía pelos córregos e rios, outros materiais foram sendo erodidos e carregados, como solo, sedimento das margens, vegetação e outros, e depositados em planícies de inundação e calhas.

Do ponto de ruptura, na barragem de Fundão, até a foz do rio do Carmo, quando este se junta com o rio Piranga e forma o rio Doce, a onda de cheia contendo os rejeitos atingiu as planícies aluvionares adjacentes aos rios Gualaxo do Norte e do Carmo, formando depósitos sobre essas planícies. A deposição de rejeitos também ocorreu nas próprias calhas fluviais desses rios.

A observação da forma de ocorrência dos depósitos de rejeito, que acompanha a topografia do terreno e forma uma camada de espessura uniforme, permite concluir que a deposição ocorreu por decantação de partículas de granulometria das classes de argila e silte, suspensas em meio aquoso formado pela mistura de águas, rejeito e material detrítico remobilizados durante a passagem da onda de cheia.

Deste modo, a espessura dos depósitos de rejeitos em cada ponto é diretamente proporcional ao tempo de inundação nesses pontos e raramente ultrapassou a um metro sobre as planícies aluvionares. Apenas em trechos específicos da calha do rio Gualaxo do Norte se encontram espessuras maiores.

Os rejeitos, ao alcançarem a região da barragem de Candonga, encontraram um reservatório rebaixado previamente, exatamente para comportar a onda de cheia e evitar o seu galgamento. Deste modo, foi no reservatório de Candonga que a onda de cheia, contendo os rejeitos e material detrítico, permaneceu por mais tempo e, adicionalmente, encontrou um regime de menor energia, o que resultou na deposição de grande parte dos sólidos transportados em suspensão, totalizando um volume aproximado de 10 milhões de metros cúbicos.

Neste processo certamente ocorreu uma segregação dos sólidos em suspensão com os sólidos de maior dimensão decantando no reservatório e as partículas menores (essencialmente argilas em forma coloidal) seguindo rio abaixo.

Como a jusante da barragem de Candonga a onda de cheia praticamente não alcançou as planícies aluvionares, a deposição dos rejeitos no rio Doce nestes trechos foi constituída majoritariamente por argilas, em camadas delgadas sobre os bancos arenosos, leitos rochosos e taludes marginais inundados pela cheia. O aporte de sedimentos finos a jusante de Candonga continuou ocorrendo depois da passagem da onda de cheia, durante período chuvoso correspondente ao verão entre os anos 2015/2016.

Tal característica, no entanto, não diminui a relevância dos potenciais impactos, uma vez que boa parte de substâncias potencialmente poluidoras, como metais, por exemplo, permanece adsorvida nas partículas de argila, podendo ter efeitos importantes em termos de impactos sobre a biota.

#### 5.2.1 CARACTERÍSTICAS DO REJEITO

A Samarco realizou o estudo “Caracterização total das amostras coletadas no vertedouro da barragem de Santarém” (13/01/2016), tendo sido coletada 01 amostra de resíduo e 01 amostra de efluente líquido na saída do vertedouro da Barragem de Santarém para caracterização química. Na amostra de efluente líquido foram analisados os parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA nº 430/2011 e também os parâmetros contidos no Artigo 15 (Água doce – Classe 2) da Resolução CONAMA nº 357/2005. Para o resíduo foram analisados os parâmetros da NBR 10.004:2004.

Para o efluente, os seguintes parâmetros estavam em desacordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011: ferro dissolvido (40,7 mg/L / ref.: 15 mg/L), manganês dissolvido (32,4 mg/L / ref.: 1 mg/L), fluoreto (12,1 mg/L / ref.: 10 mg/L) e resíduos sedimentáveis (30 ml/L / ref.: 1 ml/L). Na Resolução CONAMA nº 357/2005 – Classe 2 (Anexo V), nota-se que os metais alumínio dissolvido, cobre dissolvido, ferro dissolvido, bário, chumbo, cobalto, cromo, manganês, níquel, vanádio, zinco e mercúrio apresentaram teores superiores aos respectivos padrões de qualidade ambiental.

Em relação aos parâmetros inorgânicos, os resultados analíticos obtidos indicaram a presença do composto fluoreto e coliformes termotolerantes em desacordo com a legislação ambiental vigente. Para os parâmetros físico-químicos

analisados em laboratório, apenas a turbidez encontra-se acima do padrão de referência de qualidade ambiental do CONAMA nº 357/2005.

Os demais parâmetros analisados estão em acordo com os padrões estabelecidos pela legislação em questão. Ressalta-se que são resultados obtidos cerca de 2 meses após o rompimento da barragem.

Com relação ao rejeito, foi verificado que todos os parâmetros do lixiviado se apresentaram abaixo dos valores máximos permitidos. O material pode ser classificado como Classe IIB – Não Perigoso Inerte.

A investigação sobre as características físico-químicas deste material também foi realizada no primeiro semestre de 2016.

Foram coletadas amostras dos materiais representativos dos rejeitos na origem; solos e sedimentos dos rios localizados em áreas não afetadas pelo evento (amostras de *baseline*) e, do material detrítico diretamente relacionado ao evento e disposto no sistema fluvial.

As amostras foram submetidas a análises laboratoriais para a determinação da composição química, distribuição granulométrica, predição de drenagem ácida e testes cinéticos para a determinação de estabilidade geoquímica de curto e longo prazo. Os resultados foram comparados com as normas regulatórias nacionais e estaduais para solo e sedimentos.

A caracterização dos rejeitos foi realizada a partir de estudos anteriores de caracterização do material depositado na barragem de Germano. Devido à impossibilidade de acesso ao vale da antiga barragem de Fundão, assumiu-se que o material de Germano possui as mesmas características físico-químicas.

Os resultados das análises para as amostras de rejeito mostraram que as principais fases minerais nos rejeitos são sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e ferro (hematita -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). As propriedades químicas e físicas dos rejeitos arenosos e finos são distintas. Quimicamente, os rejeitos arenosos são caracterizados por um teor de sílica mais elevado do que os rejeitos finos. Já o teor de ferro dos rejeitos finos é maior do que o teor de ferro dos rejeitos arenosos.

## 5.2.2 DISTRIBUIÇÃO DO REJEITO

As concentrações médias de ferro nas amostras de rejeitos são, preferencialmente, superiores às das amostras de *baseline* de solos e sedimentos naturais.

Os resultados das amostras de solo *baseline* mostraram que as concentrações de alumínio foram, em média, observadas em valores superiores aos do rejeito. Adicionalmente, vários metais-traço estão presentes no solo natural, em concentrações superiores ao rejeito, tais quais: cobre, níquel, cromo, chumbo, manganês e zinco.

As amostras de sedimento natural, não afetadas pela deposição de rejeitos, apresentaram maiores concentrações de metais, como arsênio, bário, manganês e prata. Outra característica observada foi a diferenciação espacial da composição dos sedimentos, com maiores concentrações de ferro nas amostras coletadas na área do Rio Gualaxo do Norte.

Os resultados para solo e sedimentos naturais foram coerentes com a assinatura geoquímica dos sedimentos do alto Rio Doce, no Quadrilátero Ferrífero, realizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Este estudo indica os sedimentos da região como importante fonte de arsênio, cromo e ferro. Os solos da região são ferruginosos típicos dos terrenos de formações ferríferas bandadas (BIF) do Quadrilátero Ferrífero.

Finalmente, as amostras de sedimentos e solo em áreas afetadas pela deposição de rejeitos mostraram uma diferenciação espacial na composição química das amostras coletadas nos reservatórios e nas planícies de inundação e canais de rios. A composição das últimas é mais variável do que as das amostras dos reservatórios. Esta característica reflete a composição heterogênea do material depositado, que consiste de solos e sedimentos nativos que foram misturados aos rejeitos e outros materiais durante o escoamento turbulento gerado após o rompimento da barragem. Portanto, esta mistura entre materiais nativos e rejeitos é a causa provável de concentrações elevadas de metais em algumas amostras de solo e sedimento, quando comparadas com amostras de rejeitos.

Os resultados gerais mostram que os solos e sedimentos naturais apresentam uma concentração de metais mais elevada em comparação as amostras de

sedimentos relacionados ao evento e rejeitos. Especificamente, os resultados indicaram a presença de três metais de interesse: ferro, alumínio e arsênio.

Ferro e alumínio são observados com diferentes comportamentos espaciais. Valores de alumínio crescem em função da distância da área fonte (barragem de Fundão). O ferro tem o comportamento oposto e decresce à medida que se afasta da área fonte. Isto pode ser explicado pela composição geológica regional, com as características das rochas do Quadrilátero Ferrífero para rochas granitoides e metamórficas, mais ricas em alumínio e empobrecidas em ferro. Adicionalmente, a tendência de alumínio nos sedimentos pode ser explicada pelo crescente aporte de solo e sedimento natural, por meio dos processos naturais erosivos, proveniente dos solos ricos neste metal regionalmente.

O arsênio foi observado, de forma geral, em valores abaixo dos limites regulatórios nas amostras do material detrítico afetados pelo evento, com exceção de valores pontuais detectados em canais e planícies inundadas. Considerando que os resultados mostraram que os rejeitos possuem baixo valor de arsênio, concluiu-se que o arsênio presente nos solos e sedimentos afetados pela deposição de rejeitos é originário do ambiente *baseline* ou de outras fontes.

Os resultados dos testes de lixiviação com água do rio demonstram que os rejeitos têm um baixo potencial de lixiviação de metais, quando comparados com sedimentos e solos naturais. O potencial de mobilização de metais dos rejeitos, solos e sedimentos é baixo. Isto inclui resultados de uma variedade de testes de lixiviação em laboratório, bem como dados de monitoramento da qualidade da água dos rios. Os testes geoquímicos demonstram que a mobilidade de metais é baixa porque a maior parte dos metais traço é efetivamente sequestrada na forma de hidróxidos de ferro e/ou alumínio cristalinos insolúveis.

Comparativamente, apesar de baixos valores, os sedimentos e solos afetados pela deposição de rejeitos têm um maior potencial de lixiviação de metais em água do rio do que os rejeitos, o que é atribuído à mistura do material de rejeito com o solo e sedimento naturais.

Em relação à classificação dos rejeitos, sedimentos e solos afetados como resíduos perigosos ou não, nenhuma amostra excede os limites regulatórios de

lixiviação da norma NBR 10.004. Portanto, nenhuma amostra coletada foi classificada como Resíduo Perigoso (Classe I).

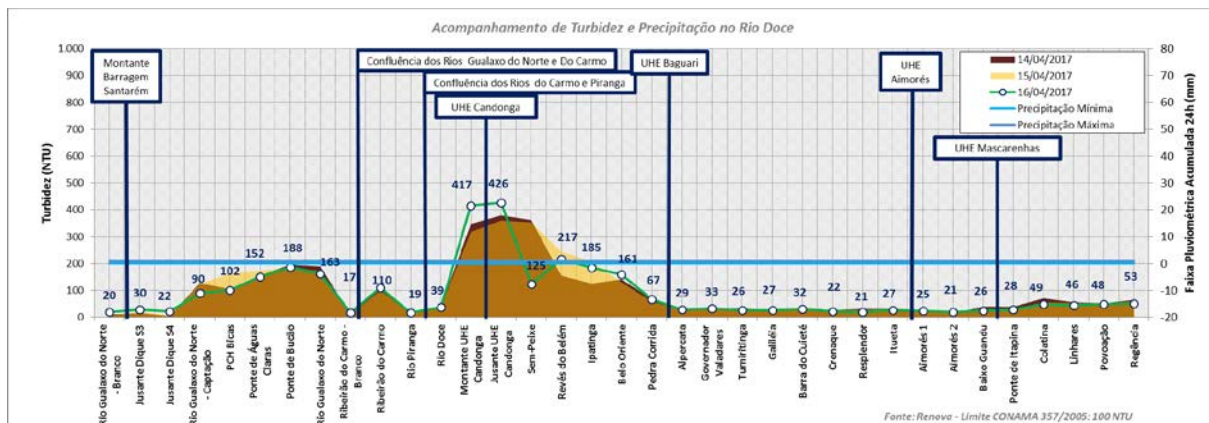
O estudo geoquímico mostrou que os rejeitos, formados por quartzo e óxido de ferro (hematita) podem ser considerados geoquimicamente estáveis e com baixa toxicidade se mantidas as condições de oxidação, ou seja, não saturados e aerados. No estado oxidado, elementos como arsênio e chumbo, associados ao ferro, permanecerão imobilizados.

Embora os resultados do programa de monitoramento geoquímico indiquem que os rejeitos e o material detrítico não apresentam características de periculosidade ou mobilidade de metais pesados, os impactos provenientes da elevação de sólidos em suspensão e da turbidez na água dos rios foi significativo.

A turbidez elevada e as altas concentrações em sólidos em suspensão são características dos rios e córregos locais como mostra os monitoramentos do IGAM nas suas estações de monitoramento existentes. Porém, o evento do rompimento resultou em valores de turbidez acima das máximas históricas e com elevada porcentagem de resultados em desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005.

Atualmente observa-se uma tendência de redução nos resultados, com o consequente atendimento aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Entretanto, na estação chuvosa observa-se um aumento de turbidez em áreas com maiores volumes de rejeitos e material detrítico acumulados e/ou onde concentram-se as principais obras de contenção e remoção.

A **Ilustração 5-1** mostra o monitoramento diário da turbidez em diversas estações de coleta de dados instalados nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce (outra rede de monitoramento também mede os parâmetros de turbidez nos principais tributários). A Ilustração 5.1 mostra o monitoramento de três dias no final do mês de janeiro e início do mês de fevereiro de 2017.



**Ilustração 5-1 Monitoramento da turbidez nos rios afetados.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2017.

Observa-se que nas áreas a jusante das obras de construção do Dique S4 (região da PCH Bicas), na região de Barra Longa e no Reservatório de Candonga, ocorreu um aumento significativo de turbidez. Este comportamento é explicado pelas chuvas isoladas ocorrendo em pontos das bacias hidrográficas e, principalmente, pelas obras em andamento.

A contribuição do aumento da carga de sedimentos por eventos pontuais como obras e arraste por chuvas deve ser melhor avaliada no futuro por estudos específicos de sedimentologia e modelagem de transporte de sedimentos. Esse estudo está descrito na seção 8. Estudos Complementares.

De modo geral, observa-se, atualmente, que ao longo dos vales de rios afetados em que os sedimentos de granulometria fina (rejeitos) permanecem sem vegetação, nota-se uma rápida erosão superficial causada pela chuva. Esta erosão superficial leva à liberação de rejeitos finos ao rio, com o consequente aumento na suspensão de sedimentos finos, nos sólidos suspensos totais e na turbidez.

Até o momento têm sido implementadas medidas de controle e contenção de erosão a fim de diminuir a contribuição de rejeitos finos por meio do escoamento superficial. Essas ações são previstas e acompanhadas no PG25 – Programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação.

A mesma ilustração mostra também que a turbidez após o reservatório de Candonga possui a tendência de decréscimo nos valores. No estado do Espírito Santo foram detectadas áreas com turbidez dentro dos limites legais, abaixo de 100 NTU.

Ressalta-se que a caracterização do rejeito será melhor detalhada durante a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, nos trechos propostos, conforme Seção 10 desse documento. Serão realizadas amostras e análise químicas para essa caracterização, bem como a correlação com dados e informações preexistentes.

### 5.3 MECANISMOS DE TRANSPORTE

Esta Seção trata dos mecanismos de transporte que regem a movimentação atual dos sedimentos oriundos dos depósitos resultantes do evento de 5 de novembro de 2015, desde as áreas-fonte até o oceano.

As áreas-fonte foram caracterizadas como depósitos, conceituadas com acumulações passíveis de eventuais ações de manejo, como remoção ou fixação, e são divididas em dois tipos:

- Depósitos extra calha, cuja remobilização natural se dá por processos de erosão pluvial; e
- Depósitos na calha dos rios, cuja movimentação é diretamente afetada pela dinâmica fluvial.

Os depósitos extra calha foram classificados nos seguintes tipos:

- Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas:** localizado nos trechos iniciais da passagem do fluxo de materiais detríticos, quando as vazões maiores implicavam maior velocidade de deslocamento e a massa apresentava maior viscosidade, portanto, maior poder erosivo. Nestes locais, os vales também se apresentavam mais estreitos e com declividade longitudinal maior.

A associação desses fatores resultou em alturas maiores alcançadas pela massa em movimento sobre as encostas dos vales e na remoção completa do perfil de solos e conseqüente exposição da rocha sã em trechos extensos e, onde os vales se apresentavam um pouco mais abertos, ocorreu remoção apenas da parte superior do perfil do solo, restando partes do regolito ou solos de alteração das rochas.

Nos locais onde houve redução das vazões e, portanto, das velocidades de escoamento, parte do material detrítico se depositou sobre estes setores de encosta

os quais, mesmo tendo declividades elevadas, contém reentrâncias, microplatôs e nichos que retiveram tais materiais.

Nos setores de encostas declivosas que não sofreram remoção da vegetação e dos solos superficiais, verifica-se a deposição dos materiais detríticos em espessuras observadas de até 40 cm, constituindo uma das causas prováveis da morte da vegetação arbórea que ocorreu após o evento.

Os materiais detríticos são compostos essencialmente por quartzo – em torno de 60% em peso – e hematita – em torno de 35% em peso – em classe granulométrica de areia fina, essencialmente. Disto resulta a ausência de coesão deste material e, portanto, sua alta suscetibilidade à erosão.

Ao serem remobilizados pela ação das chuvas, esses materiais seguem diretamente para os cursos d'água, uma vez que os depósitos estão situados às suas margens ou muito próximos a elas. Já no corpo d'água, serão transportados conforme a dinâmica fluvial local.

Os depósitos deste tipo estão situados nas porções iniciais afetadas pelo evento, no córrego Santarém e no rio Gualaxo do Norte, até cerca de 11 km a jusante da confluência do primeiro, necessitando ser mapeados e dimensionados em termos de volume de sedimentos e de uma avaliação do volume suscetível à remobilização por erosão.

ii. **Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes**

**Suavizadas:** localizados nos trechos dos vales cuja forma passa da forma de “V” fechado para “V” truncado, pela presença de planícies ou terraços aluvionares e lagoas marginais, além de uma área de seção transversal maior ocupada pelo fluxo de materiais detríticos. A declividade longitudinal é bem menor em relação aos trechos com vales fechados.

Disto resulta uma velocidade de deslocamento menor e, conseqüentemente, um menor poder erosivo. Ainda, com a menor velocidade de deslocamento do fluxo, especialmente na fase final da movimentação, houve uma deposição mais intensa, formando depósitos mais espessos sobre as planícies e terraços aluvionares e, mesmo, sobre setores de vertentes suavizadas adjacentes a essas feições.

Os depósitos deste tipo estão situados junto ao córrego Santarém, rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo, estando ausentes em toda a extensão do rio Doce.

Esses depósitos, constituídos por materiais finos e não coesivos, são francamente suscetíveis à erosão, processo que efetivamente se desenvolveu nos meses posteriores à sua formação e que justificou a execução de ações emergenciais de implantação de sistemas de drenagem superficial e de revegetação por plantio.

As intervenções executadas efetivamente fixaram esses materiais, impedindo que sofressem erosão e terminassem por alcançar os rios adjacentes. Entretanto, ainda há uma área importante desses depósitos que não foi objeto das ações emergenciais, os quais irão continuar submetidos à erosão pluvial contribuindo para a fixação dos materiais detríticos e reduzindo o seu aporte aos rios.

Na fase terminal da passagem do fluxo de material detrítico, já transformado em um fluido menos denso e menos viscoso, seja pela “perda” de sólidos via deposição, seja pelo acréscimo de águas pela alimentação normal dos rios, o fluxo tende a voltar à calha fluvial – hipótese comprovada pela ausência de alteração do traçado do rio Gualaxo do Norte e do rio do Carmo em toda a extensão afetada. Somente no córrego Santarém, no trecho lindeiro a Bento Rodrigues, houve um deslocamento do traçado original, numa extensão aproximada de 1.200 metros.

Ao voltar à calha original, a seção transversal que comporta o fluxo passa a ser mais restrita e, assim, a velocidade de escoamento passa a ser maior do que a velocidade do escoamento de toda a massa de material detrítico quando esta se deslocava por toda a planície de inundação e terraços adjacentes.

Com isso, os materiais depositados imediatamente antes passam a ser remobilizados em razão da maior capacidade de transporte resultante da maior velocidade das águas na calha fluvial.

Considerando-se que na passagem do fluxo de material detrítico houve uma deposição uniforme na calha fluvial, o transporte desses materiais se inicia imediatamente depois desse evento, condicionado pelas variações da dinâmica fluvial, como vazões, velocidade – determinada pela área da seção transversal e variáveis trecho a trecho – e, ainda, à saturação da capacidade de transporte.

Além dos materiais depositados na calha fluvial, há os materiais que passam a ser aportados ao rio, provindos dos depósitos extra calha descritos anteriormente e que também passam a ser transportados conforme as características hidrodinâmicas locais.

Visando subsidiar o Plano de Manejo de Rejeito, os depósitos no interior das calhas fluviais foram classificados nos seguintes tipos:

- iii. **Depósitos Indiscriminados de Calha:** depósitos no leito dos rios, abrangendo toda a extensão do fundo, geralmente arenoso. Como esses depósitos ocorreram em um momento muito específico do fluxo de materiais, a sua composição granulométrica está abaixo da capacidade de transporte do rio e, conseqüentemente, passam a ser transportados mesmo durante os períodos de vazão baixa, compondo a carga sólida em suspensão e a carga de leito e definindo uma descarga sólida elevada e persistente durante boa parte do tempo e não apenas durante o período chuvoso. Este tipo de depósito se observa no rio Gualaxo do Norte, justificando a turbidez elevada durante boa parte do tempo, sempre acima da turbidez dos trechos a montante e a jusante, mesmo na ausência de chuvas.
- iv. **Depósitos em Bancos Arenosos:** compreende os depósitos formados em trechos de rio com velocidades mais elevadas, portanto, com uma capacidade de transporte maior e, assim, são formados por sedimentos de textura maior, de areias, as quais se depositaram apenas em setores específicos da calha fluvial, onde a velocidade das águas se reduz. Quando o nível d'água baixa, esses depósitos ficam emersos, sendo identificados como bancos arenosos. Não migram, pois as condições que permitem a sua formação, como peculiaridades da forma dos fundos e das margens, são fixas. Este tipo de depósito se verifica no rio do Carmo e no rio Doce, até a confluência – remanso – no reservatório de Candonga. Uma análise das imagens disponíveis no site Google Earth permite identificar bancos arenosos aparentemente formados após o evento, mas também identifica bancos já existentes antes da sua ocorrência. Nestes, uma camada mais recente pode ter se formado por deposição a partir do fluxo de material detrítico, sendo identificado nas imagens por uma cor cinza, devido aos grãos de hematita que compunham parte do rejeito, em comparação com o quartzo, que constituía os sedimentos de tais bancos antes da ocorrência do evento. A hematita deve se apresentar com uma granulometria menor, por ter uma densidade 1,85 vezes maior do que a do quartzo, que compõe grande parte dos sedimentos arenosos.

- v. **Depósitos Arenosos sobre Leito Rochoso:** Nos mesmos trechos de ocorrência dos depósitos em bancos arenosos há trechos com leito rochoso, geralmente associados a fluxos turbulentos e rápidos. No entanto, há setores restritos deste fundo rochoso onde as águas tem velocidade reduzida e, nestes, há a deposição de sedimentos arenosos que, quanto o nível do rio baixa, ficam emersos. Aparentemente, parte desses depósitos foi formada com sedimentos originários dos materiais detríticos carregados pelo evento.
- vi. **Depósitos de Assoreamento do Reservatório de Candonga:** o reservatório de Candonga constituiu uma armadilha essencial para a retenção dos materiais detríticos transportados pelo fluxo originado pela ruptura da Barragem de Fundão. Possui um volume de reservatório de 54,4 milhões de m<sup>3</sup>, mas parte dele já havia sido ocupado pelos sedimentos assoreados desde o início de sua operação, em 2004. Ainda assim, havia um volume significativo ocupado pela água e que, devido ao regime lântico de suas águas, permitiu a retenção de pouco mais de 10 milhões de m<sup>3</sup> do material detrítico transportado, o qual, de outro modo, avançaria rio abaixo, por uma grande extensão.

De acordo com as análises granulométricas realizadas, a textura desses sedimentos é essencialmente siltosa – entre 60 e 80 % em peso – sendo a fração restante composta por areia fina e argila, em proporções similares.

Como parte importante do volume remanescente do reservatório foi ocupado pelos materiais detríticos retidos, inclusive toda a área próxima à barragem e tomada d'água das turbinas, a operação de geração de energia está paralisada até o momento.

A remoção de parte dos sedimentos depositados está em curso, tendo como objetivo inicial permitir a retomada da geração de energia.

- vii. **Depósitos Finos sobre Bancos Arenosos:** a jusante da Barragem de Candonga, até uma distância de 15 km se observam bancos arenosos que podem ter se formado pela deposição de rejeitos e sedimentos remobilizados pelo evento. Após desta distância – contada a partir da barragem de Candonga, não se observam bancos arenosos que possam ser atribuídos ao evento, sendo que praticamente todos eles podem ser identificados em imagens de

satélite obtidas em vários momentos antes da passagem do fluxo de material detrítico do evento.

Quando da passagem do referido fluxo, que a jusante da barragem de Candonga se comportou como uma cheia sazonal, submergindo tais bancos, uma camada de pequena espessura pode ter se formado sobre os mesmos.

A espessura dessa camada não foi referida nos trabalhos consultados e deve se tornar mais delgada à medida que se distancia das áreas fonte, devendo ser objeto de investigação específica.

Caso tal espessura seja realmente pequena, da ordem de centímetros, sua remoção eventual por meios mecânicos se torna inviável.

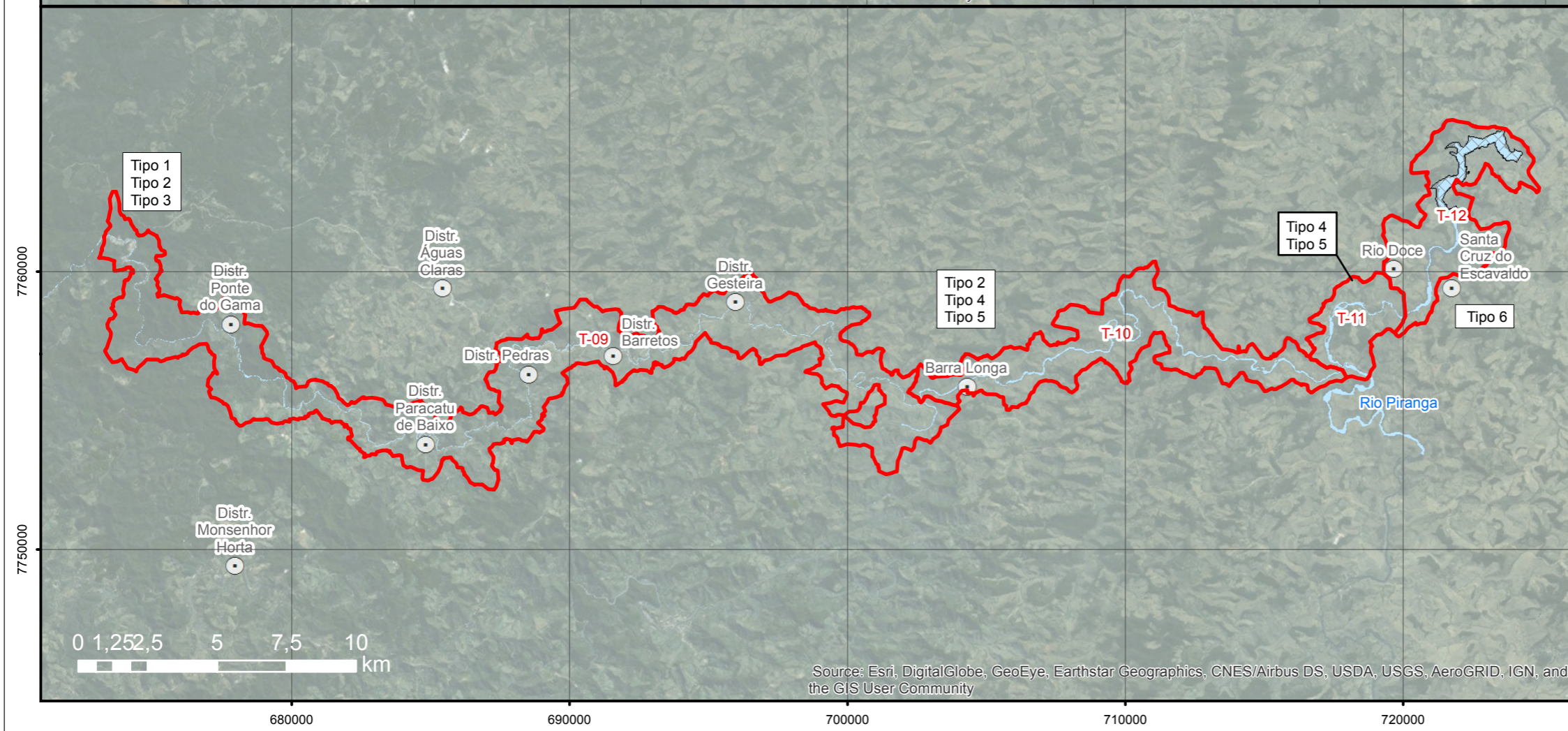
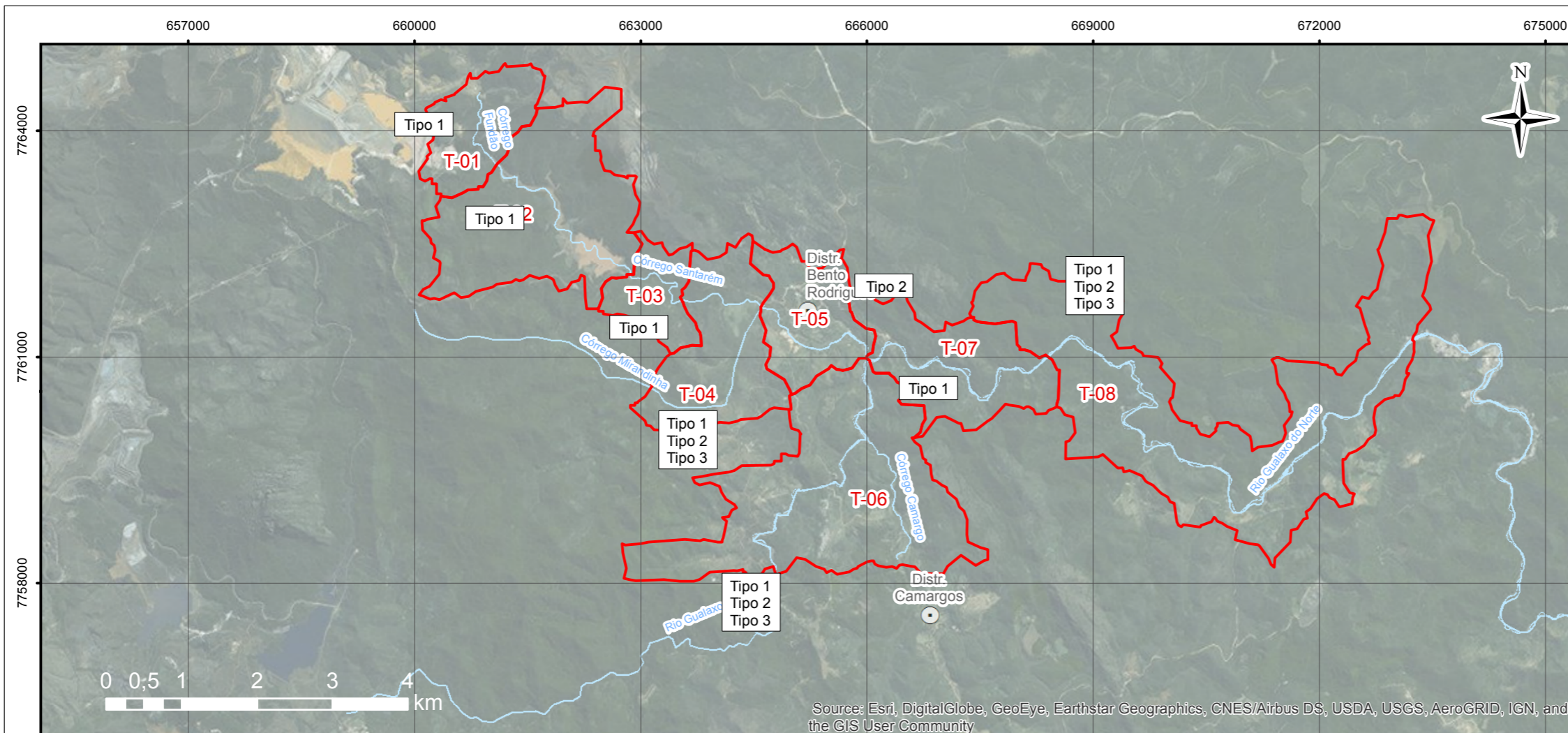
viii. **Depósitos Finos sobre Leitos Rochosos:** no trecho entre a Barragem de Baguari e a Barragem de Mascarenhas há uma predominância de leitos rochosos no rio Doce, com bancos arenosos em trechos restritos. Considerando que os materiais transportados neste trecho se constituíam exclusivamente de carga em suspensão de frações finas - argilas e fração coloidal – a deposição desses materiais sobre os leitos rochosos foi, do ponto de vista quantitativo, pouco significativa. Entretanto, a formação de uma fina camada sobre a superfície rochosa pode ser suficiente para alterar a sua função como habitats para a fauna aquática, de modo que é necessário avaliar a sua efetividade e, posteriormente, avaliar a necessidade de alguma ação de manejo.

A **Tabela 5-1** a seguir sintetiza os tipos de depósitos classificados.

**Tabela 5-1. Síntese dos tipos de depósitos classificados**

Tipo de Depósito	Contexto
<i>Depósito Extra Calha</i>	Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas
	Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas
<i>Depósito de Calhas</i>	Depósitos Indiscriminados de Calha
	Depósitos em Bancos Arenosos
	Depósitos Arenosos sobre Leitos Rochosos
	Depósitos de Assoreamento do Reservatório de Candonga
	Depósitos Finos sobre Bancos Arenosos
	Depósitos Finos sobre Leitos Rochosos

A **Figura 5-2** apresenta os tipos de depósitos de rejeito classificados acima nos distintos trechos do rio.



**LEGENDA:**

- Área de Abrangência
- Municípios / Distritos Afetados
- Curso d'Água
- Reservatório Candongas

**Tipos de Depósitos de Rejeito:**

- Tipo 1 - Depósito sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas
- Tipo 2 - Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas
- Tipo 3 - Depósitos Indiscriminados de Calha
- Tipo 4 - Depósitos em Bancos Arenosos
- Tipo 5 - Depósitos Arenosos sobre Leitões Rochosos
- Tipo 6 - Depósitos de Assoreamento do Reservatório de Candonga

**ESCALA GRÁFICA:**

**NOTAS:**  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

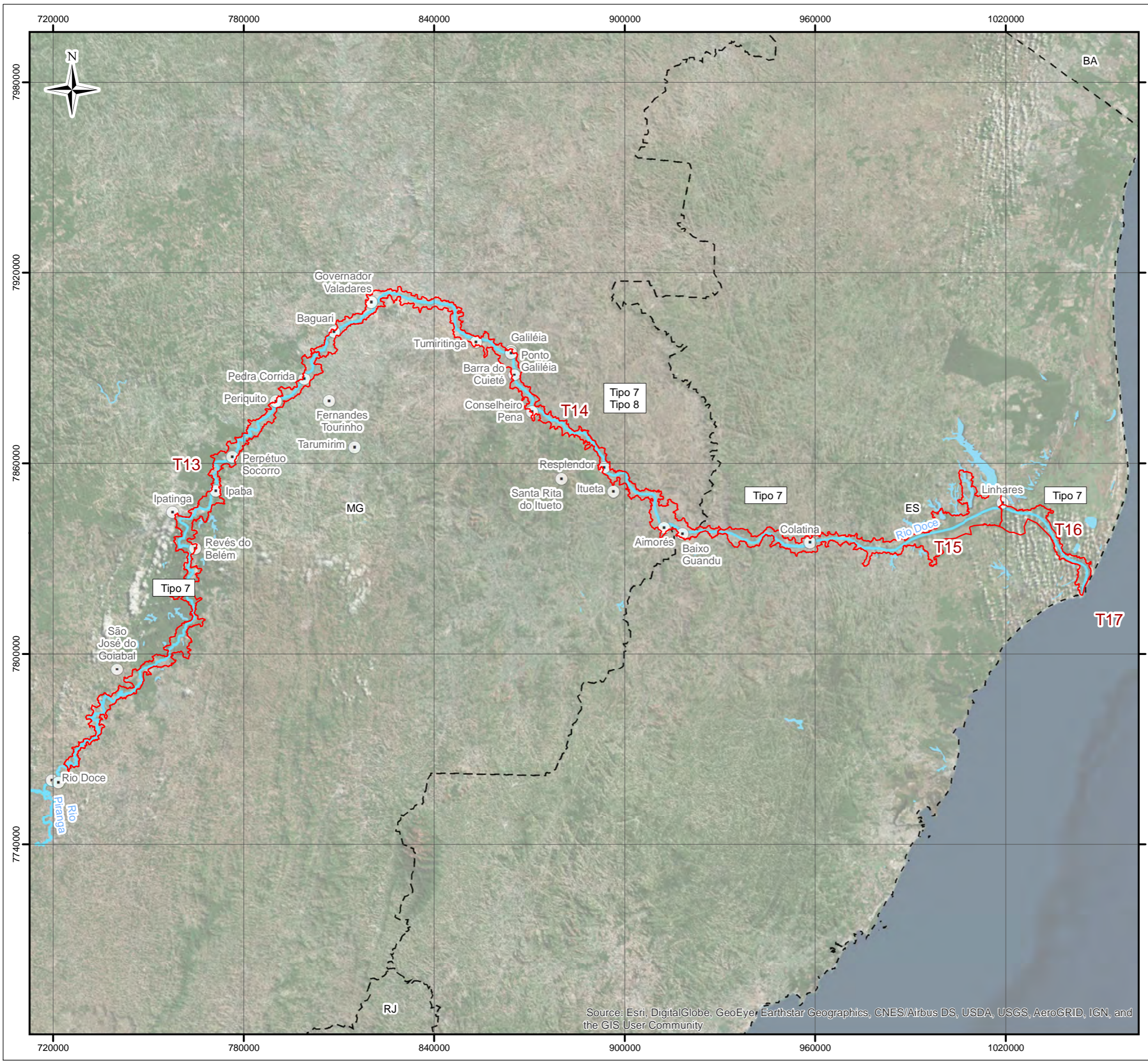
**REFERÊNCIA:**

**ch2m**

**TÍTULO:**  
Figura 5.2-A  
Tipos de Depósitos de Rejeitos por Trechos do Rio

**PROJETO:**  
Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	01/08/2017	rutima	EL	AG	RA1

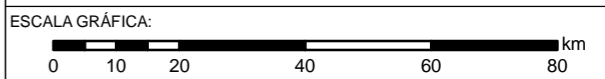


LEGENDA:

- Trechos
- Municípios / Distritos
- Reservatório Candongas
- Cursos d'água
- Lagoas

Tipologia

- Tipo 7 - Depósitos Finos sobre Bancos Arenosos
- Tipo 8 - Depósitos Finos sobre Leitões Rochosos



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
**Figura 5.2-B**  
**Tipos de Depósitos de Rejeitos por**  
**Trechos do Rio**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 7/17/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: EL	APROV.: AG	REV.: RA1
---------	--------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Figura 5.2-B

## 6 ESTIMATIVA DE VOLUME

As informações a seguir sobre o volume e a localização da disposição dos rejeitos e material sólido arrastado são baseadas nos trabalhos anteriores de estimativa apresentados no relatório “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão”.

No período imediatamente anterior ao evento do rompimento, a barragem de Fundão armazenava um total de 54,4 milhões de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>). O evento de novembro de 2015 liberou um volume de rejeito e água de aproximadamente 32 Mm<sup>3</sup> no sistema hídrico a jusante da barragem. Após o evento, estima-se que 11,7 Mm<sup>3</sup> foram liberados adicionalmente, totalizando um valor de rejeito e águas liberados de aproximadamente 43,7 Mm<sup>3</sup>.

Este volume fluiu pelo córrego Santarém, rio Gualaxo do Norte, rio do Carmo e rio Doce até atingir a barragem de Candonga. Estima-se que 10,5 Mm<sup>3</sup> de rejeito e material detrítico tenha se depositado nesta estrutura.

A **Tabela 6-1** apresenta a estimativa dos volumes de rejeitos e material detrítico depositados no trecho barragem do Fundão até barragem de Candonga.

**Tabela 6-1. Estimativas de volumes de material depositado no trecho Fundão – Candonga.**

Estrutura / Local	Volume acumulado após evento em Mm <sup>3</sup>
<i>Barragem Santarém</i>	3,0
<i>Córrego Santarém a montante do Dique S3</i>	1,5
<i>Área de Bento Rodrigues (montante do Dique S4)</i>	0,8 a 1,2
<i>Rio Gualaxo do Norte até reservatório de Candonga</i>	5,0 a 16,8
<i>Reservatório de Candonga</i>	10,5

Fonte: GOLDER ASSOCIATES, 2016

As maiores incertezas nas estimativas dos volumes depositados estão nas áreas de deposição das antigas planícies de inundação, canais de escoamento e tributários a partir da confluência do córrego Santarém com o rio Gualaxo do Norte a montante do reservatório de Candonga. Estas áreas incluem as áreas de deposição nas antigas planícies de inundação, calhas dos rios e tributários.

A variabilidade das estimativas é resultante do método de cálculo adotado e, também, pelos efeitos dinâmicos erosivos ocorridos entre as campanhas de medição. O volume de sedimentos depositados nas planícies de inundação foi provavelmente reduzido pela erosão promovida pelo escoamento superficial durante as duas estações chuvosas que seguiram o evento de novembro de 2015.

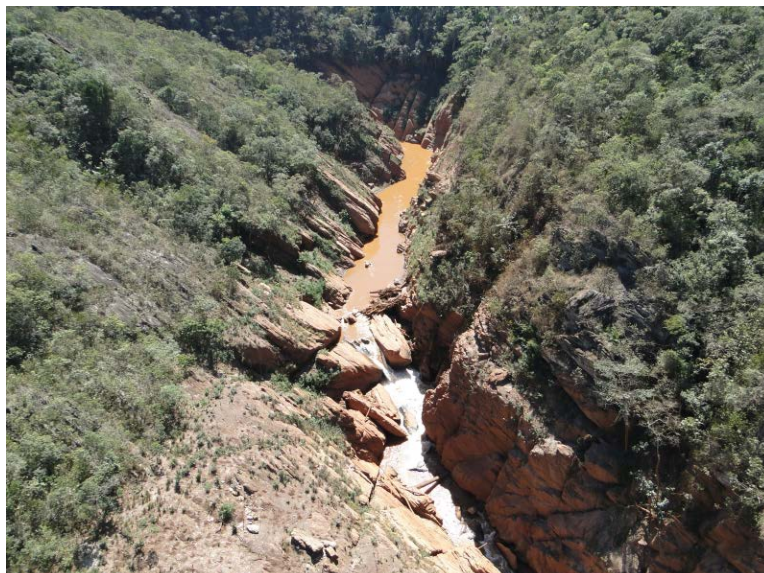
Os volumes de rejeito a montante da confluência do córrego Santarém com o rio Gualaxo do Norte, até o dique S4, foram estimados em 0,9 Mm<sup>3</sup>, considerando uma área de 95 ha e espessura média de rejeitos de aproximadamente 0,9 m. Esta área corresponde ao povoado de Bento Rodrigues.

Assumiu-se também que os volumes estimados de rejeitos armazenados nas seções a jusante da confluência do córrego Santarém com o rio Gualaxo do Norte e a montante do reservatório de Candonga é de aproximadamente 6,1 Mm<sup>3</sup>.

A estimativa foi realizada a partir da média das espessuras máximas e mínimas dos rejeitos observadas nas margens. Esta abordagem foi adotada devido à falta de dados topográficos detalhados no período anterior ao evento. Portanto, entende-se que este cálculo possui caráter preliminar devido à grande variabilidade espacial deste parâmetro.

Não foram estimados os volumes de rejeito depositados por efeitos de remanso no trecho superior do rio Gualaxo do Norte a montante da confluência do córrego Santarém com o rio Gualaxo do Norte. Este trecho inclui o córrego Camargos, tributário do rio Gualaxo do Norte.

A metodologia de cálculo utilizado pela Golder (2016) partiu da seleção de 38 segmentos geomorfológicos, classificados em cinco tipologias de trechos identificados durante a análises de imagens obtidas em períodos anteriores ao evento. São eles: trechos em cânions (CN), trechos do tipo confinados (CF), trechos do tipo estreitos (NR), trechos do tipo largo com pequena planície de inundação (BFS) e trechos do tipo largo com planícies de inundação grande (BFL). A **Foto 6-1**, a **Foto 6-2**, a **Foto 6-3** e a **Foto 6-4** apresenta as feições destes tipos geomorfológicos.



**Foto 6-1. Trecho em cânions**

Fonte: GOLDER ASSOCIATES, 2016



**Foto 6-2. Trechos confinados**

Fonte: GOLDER ASSOCIATES, 2016



**Foto 6-3. Trechos largos com pequena planície de inundação**

Fonte: GOLDER ASSOCIATES, 2016



**Foto 6-4. Trechos largos com planície de inundação grande**

Fonte: GOLDER ASSOCIATES 2016

Os segmentos selecionados compreenderam o trecho do rio Gualaxo do Norte até o reservatório de Candonga. Não foram incluídos os trechos de tributários impactados pelos efeitos de remanso.

A **Tabela 6-2** apresenta a estimativa dos volumes de rejeitos e material detrítico depositados no trecho barragem do Fundão até barragem de Candonga.

**Tabela 6-2. Estimativas de volumes de material depositado por trecho fluvial selecionado - até o reservatório de Candonga.**

Nome do trecho	Área do trecho (ha)	Espessura média de rejeito observada na margem do rio (intervalo) (m)	Volume de Rejeito - (m3)
BFS_01	111,2	0,55 (0,25 – 0,80)	91.000
CN_02	4,7	0,25 (0,10 – 0,40)	12.000
CF_03	26,3	0,35 (0,15 – 0,50)	92.000
NR_04	24,5	0,40 (0,20 – 0,60)	98.000
CF_05	49,1	0,40 (0,15 – 0,65)	200.000
NR_06	99,6	0,40 (0,20 – 0,60)	400.000
CF_07	19,0	0,35 (0,15 – 0,35)	66.000
BFS_08	62,9	0,45 (0,25 – 0,70)	280.000
NR_09	25,3	0,35 (0,20 – 0,50)	88.000
BFS_10	54,8	0,50 (0,20 – 0,75)	270.000
BFL_11	111,2	0,55 (0,25 – 0,80)	610.000
CN_12	1,1	0,20 (0,10 – 0,25)	2.300
BFL_13	24,7	0,50 (0,30 – 0,75)	120.000
NR_14	2,2	0,30 (0,20 – 0,45)	6.500
BFL_15	27,4	0,50 (0,30 – 0,70)	140.000
CF_16	1,5	0,25 (0,15 – 0,35)	3.600
BFL_17	60,0	0,50 (0,35 – 0,65)	300.000
NR_18	1,1	0,30 (0,20 – 0,45)	3.200
BFL_19	27,7	0,45 (0,30 – 0,65)	120.000
CN_20	2,9	0,15 (0,05 – 0,20)	4.400
CF_21	3,1	0,25 (0,15 – 0,30)	7.700
BFS_22	16,3	0,45 (0,25 – 0,60)	73.000
NR_23	2,6	0,30 (0,20 – 0,45)	7.700
CN_24	4,2	0,15 (0,05 – 0,20)	6.300
NR_25	5,5	0,30 (0,20 - 0,40)	16.000
BFS_26	59,1	0,45 (0,25 – 0,65)	270.000
BFL_27	115,1	0,45 (0,25 – 0,65)	520.000

Nome do trecho	Área do trecho (ha)	Espessura média de rejeito observada na margem do rio (intervalo) (m)	Volume de Rejeito - (m <sup>3</sup> )
CN_28	4,8	0,25 (0,20 – 0,40)	12.000
BFS_29	29,9	0,45 (0,25 – 0,65)	130.000
CF_30	2,2	0,20 (0,15 – 0,25)	4.400
NR_31	6,2	0,30 (0,20 – 0,40)	19.000
BFS_32	27,8	0,40 (0,20 – 0,55)	110.000
BFS_BL_33	107,4	0,40 (0,20 – 0,55)	430.000
CF_34	4,1	0,20 (0,15 – 0,30)	8.200
BFS_35	98,4	0,35 (0,20 – 0,50)	340.000
CF_36	79,7	0,25 (0,15 – 0,30)	200.000
BFS_37	77,3	0,35 (0,20 – 0,50)	270.000
CF_38	113,6	0,25 (0,10 – 0,40)	280.000
Total			6.100.000

Fonte: GOLDER ASSOCIATES, 2016

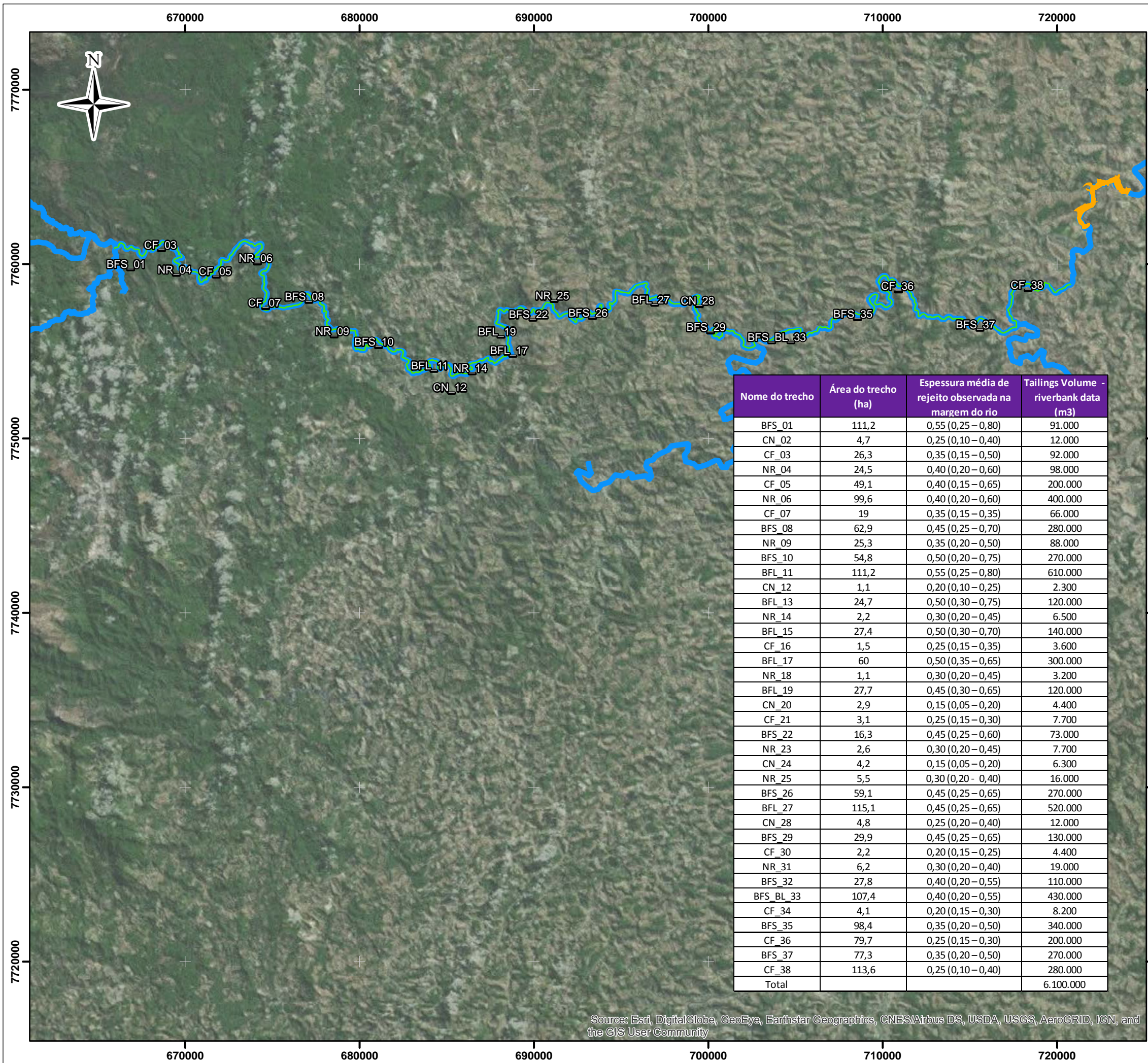
A **Figura 6-1** apresenta a distribuição espacial destes trechos e os volumes depositados de rejeitos e material detrítico. As estimativas dos volumes de rejeitos foram baseadas nas áreas superficiais das zonas afetadas pela deposição dos rejeitos nas planícies de inundação, áreas estas derivadas de análises em SIG (Sistemas de Informação Geográfica) para cada trecho de rio identificado, e pela espessura dos rejeitos observados no campo durante os levantamentos geomorfológicos de campo (GOLDER, 2016, pp 93). Os maiores volumes de deposição estão nos trechos das grandes planícies de inundação.

Não há informações do volume de rejeito depositado a jusante de Candonga. Esses dados serão levantados, na aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, para os trechos específicos.

Na tentativa de reduzir a incerteza dos volumes depositados, associada à simplificação do uso da espessura média por trecho, uma segunda estimativa de volumes foi realizada adotando medições em campo de espessura da camada de rejeito. As medições foram obtidas em 101 sondagens realizadas em junho de 2016. Em trechos onde não foram realizadas sondagens foram utilizadas as observações

visuais adotadas no primeiro método. O volume total estimado foi de 11,2 Mm<sup>3</sup>, aproximadamente o dobro do estimado pelo primeiro método.

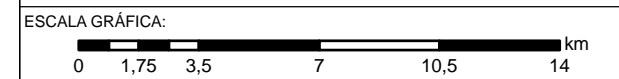
A variabilidade dos valores estimados, por diferentes metodologias, indica a necessidade de realizar estudos complementares com este objetivo. Estes estudos devem considerar a dinâmica dos processos erosivos e fluviais, contabilizando as diversas fontes de contribuição de sedimentos, em um ano hidrológico. Na Seção 11.1 apresenta-se uma metodologia para estimação do volume depositado por trecho.



LEGENDA:

- █ Reservatorio Candongas
- █ Área Estudada
- █ Curso d'Água

Nome do trecho	Área do trecho (ha)	Espessura média de rejeito observada na margem do rio	Tailings Volume - riverbank data (m3)
BFS_01	111,2	0,55 (0,25 - 0,80)	91.000
CN_02	4,7	0,25 (0,10 - 0,40)	12.000
CF_03	26,3	0,35 (0,15 - 0,50)	92.000
NR_04	24,5	0,40 (0,20 - 0,60)	98.000
CF_05	49,1	0,40 (0,15 - 0,65)	200.000
NR_06	99,6	0,40 (0,20 - 0,60)	400.000
CF_07	19	0,35 (0,15 - 0,35)	66.000
BFS_08	62,9	0,45 (0,25 - 0,70)	280.000
NR_09	25,3	0,35 (0,20 - 0,50)	88.000
BFS_10	54,8	0,50 (0,20 - 0,75)	270.000
BFL_11	111,2	0,55 (0,25 - 0,80)	610.000
CN_12	1,1	0,20 (0,10 - 0,25)	2.300
BFL_13	24,7	0,50 (0,30 - 0,75)	120.000
NR_14	2,2	0,30 (0,20 - 0,45)	6.500
BFL_15	27,4	0,50 (0,30 - 0,70)	140.000
CF_16	1,5	0,25 (0,15 - 0,35)	3.600
BFL_17	60	0,50 (0,35 - 0,65)	300.000
NR_18	1,1	0,30 (0,20 - 0,45)	3.200
BFL_19	27,7	0,45 (0,30 - 0,65)	120.000
CN_20	2,9	0,15 (0,05 - 0,20)	4.400
CF_21	3,1	0,25 (0,15 - 0,30)	7.700
BFS_22	16,3	0,45 (0,25 - 0,60)	73.000
NR_23	2,6	0,30 (0,20 - 0,45)	7.700
CN_24	4,2	0,15 (0,05 - 0,20)	6.300
NR_25	5,5	0,30 (0,20 - 0,40)	16.000
BFS_26	59,1	0,45 (0,25 - 0,65)	270.000
BFL_27	115,1	0,45 (0,25 - 0,65)	520.000
CN_28	4,8	0,25 (0,20 - 0,40)	12.000
BFS_29	29,9	0,45 (0,25 - 0,65)	130.000
CF_30	2,2	0,20 (0,15 - 0,25)	4.400
NR_31	6,2	0,30 (0,20 - 0,40)	19.000
BFS_32	27,8	0,40 (0,20 - 0,55)	110.000
BFS_BL_33	107,4	0,40 (0,20 - 0,55)	430.000
CF_34	4,1	0,20 (0,15 - 0,30)	8.200
BFS_35	98,4	0,35 (0,20 - 0,50)	340.000
CF_36	79,7	0,25 (0,15 - 0,30)	200.000
BFS_37	77,3	0,35 (0,20 - 0,50)	270.000
CF_38	113,6	0,25 (0,10 - 0,40)	280.000
Total			6.100.000



NOTAS:

REFERÊNCIA:



TÍTULO: **Figura 6.1**  
**Volumes de Rejeito e Material Detritico Estimado por Trechos Seleccionados no Estudo Geomorfológico**

PROJETO: **Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA: 1:220.000	DATA: 30/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: CS	APROV.: AG	REV.: RAO
-------------------	------------------	---------------	------------	------------	-----------

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Figura 6.1

## 7 DESCRIÇÃO SUCINTA DAS AÇÕES EM ANDAMENTO VOLTADAS AO MANEJO DE REJEITO

As ações em andamento foram descritas no âmbito do Plano de Recuperação Ambiental Integrado (PRAI). (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017). As atualizações destes dados são informadas mensalmente no relatório elaborado para o CIF e disponibilizadas no site da Fundação Renova ([www.fundacaorenova.org](http://www.fundacaorenova.org)).

As ações de remoção de sedimentos (material detrítico) estão sendo realizadas por meio dos métodos de escavação e dragagem, sendo a escavação aplicada ao longo das margens dos rios nas cidades e áreas de infraestrutura. O método de dragagem está em operação no Reservatório de Candonga.

A seguir é apresentado um sumário das atividades com a atualização dos volumes removidos e informados aos órgãos ambientais.

### 7.1 DRAGAGEM NA UHE RISOLETA NEVES CANDONGA

Com relação à Usina Hidrelétrica Risoleta Neves (Candonga), o TTAC define os seguintes compromissos:

- Especificamente quanto ao Reservatório da UHE Risoleta Neves, a SAMARCO realizará a dragagem dos primeiros 400 m (quatrocentos metros) desse reservatório até 31 de dezembro de 2016 (Cláusula 150).
- Caberá à FUNDAÇÃO construir e operar estruturas emergenciais de contenção de sedimentos e/ou sistemas de tratamento in situ da área contida entre a Barragem de Fundão e a UHE Risoleta Neves, com conclusão até 31 de dezembro de 2016 (Cláusula 154).

Mediante tais compromissos, a Samarco vem executando atividades conforme descrito no Relatório UHE CANDONGA – Recuperação do Reservatório – Disposição de Rejeitos Dragados – Memorial Descritivo (documento em elaboração). Esse documento detalha especialmente o projeto de dragagem dos sedimentos depositados, além da identificação e desenvolvimento da engenharia e das áreas de deposição, sua implantação, manutenção e futura ampliação, tendo em vista a necessidade já identificada de novas dragagens de manutenção, com frequência e volumes ainda a serem definidos em estudos complementares.

Está previsto que a dragagem dos sedimentos depositados no reservatório da UHE Risoleta Neves será executada em duas fases. A primeira está sendo conduzida pela Samarco, mas em transição para a Fundação Renova, que será responsável pela conclusão desta fase. 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 em andamento contemplam as operações de dragagem do reservatório e de construção de barramentos metálicos. A operação de dragagem está em execução, com uma previsão de remover 1,3 Mm<sup>3</sup> de sedimentos até julho/18. O material está sendo depositado em setores próximos ao reservatório da UHE como solução de curto prazo e, como medida de longo prazo, está em estudo a disposição do material na Fazenda Floresta.

A segunda fase de dragagem será conduzida pela FUNDAÇÃO, contemplando dragagens periódicas de manutenção das condições de operação do reservatório. O planejamento das atividades da fase 2 deve ser concluído após a definição do escopo, que ocorrerá no final de outubro de 2017, incluindo as estratégias de dragagens em outras áreas do reservatório, bem como suas destinações que ainda serão estudadas e definidas.

Os barramentos metálicos submersos foram introduzidos no projeto a partir do estudo de remanso e de sedimentologia elaborados para melhor compreensão do comportamento do reservatório antes e após o evento de 05 de novembro de 2015.

O barramento A está localizado a 400 m do barramento da Candonga e o barramento B, localizado em região intermediária do reservatório da UHE, a 5 Km do barramento da hidrelétrica. O local destes barramentos foi determinado de forma a maximizar o volume do armazenamento mantido a montante destes, e de forma a não causar alterações no remanso ou na operação do reservatório, para que este sirva como retenção dos sedimentos residuais mais pesados provenientes da remobilização de sedimentos depositados ao longo da calha dos rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Doce.



**Foto 7-1. Visualização geral do avanço das obras do Barramento B.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2017 Memorial Descritivo (documento em elaboração)

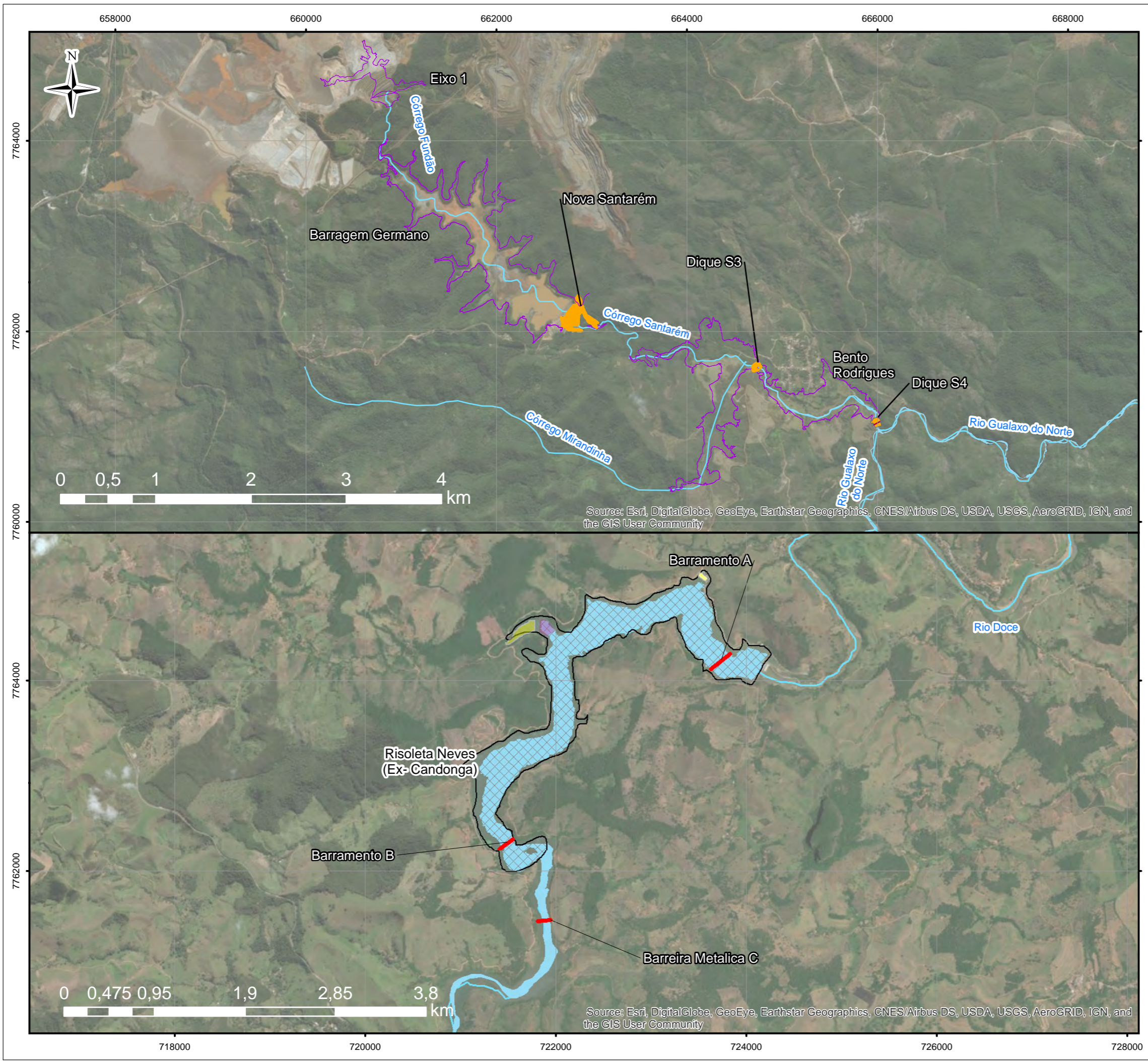
O barramento A teve sua primeira estaca cravada no dia 10 de fevereiro e já está com toda estrutura metálica concluída. A finalização do barramento, considerando o fechamento das estacas, remoção dos aterros e demais atividades relacionadas.



O barramento C está em fase de sondagem e desenvolvimento da engenharia detalhada. Algumas alternativas construtivas estão sendo desenvolvidas para se evitar as dificuldades encontradas para fechamento do rio no barramento B, que foi executado no período chuvoso.



**Foto 7-2. Visualização geral do avanço das obras do Barramento A em 4 abril 2017.**

A **Figura 7-1** mostra as estruturas existentes e previstas no processo de recuperação do reservatório da UHE Risoleta Neves.



LEGENDA:  
 Reservatório Candongas  
 Curso d'Água

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:  
 Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
**Figura 7.1**  
**Mapa com as Estruturas Existentes**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	30/07/2017	rutima	CS	AG	RAO

## 7.2 REMOÇÃO EMERGENCIAL DE REJEITOS

Desde o rompimento da barragem foram executados os trabalhos emergenciais de remoção de rejeitos da área urbana de Barra Longa e em fazendas de Gesteira. O volume atualmente removido foi cerca de 157 mil m<sup>3</sup>, sendo cerca de 10 mil m<sup>3</sup> reaproveitados em Gesteira para conformação de terrenos.

## 7.3 ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

O Relatório “Descritivo do Plano de Ação para Recuperação das Estruturas Remanescentes e Construção de Novas Estruturas de CONTENÇÃO de Sedimentos, atualização do Plano de Recuperação Ambiental Integrado PRAI - Anexo 01 – Engenharia de Fevereiro de 2017” elaborado pela Samarco, descreve as ações realizadas desde o incidente ocorrido com a Barragem de Fundão, bem como o status das iniciativas em andamento e as ações a serem implementadas para a recuperação ambiental da área impactada pelo evento desde o vale de Fundão até a confluência com o Rio Gualaxo do Norte. O descritivo abaixo, previsto no âmbito do Plano de Manejo de Rejeito, irá focar em um breve resumo das principais ações adotadas para ampliação da capacidade de armazenamento de rejeitos (Seção 2, item 2.2).

Foram realizadas intervenções adicionais com a finalidade de garantir segurança estrutural e contenção de sólidos dentre elas: a implantação das Barreiras Seção 1, Seção 2, Seção 3 e Seção 4, (todas a montante do Eixo 1), a construção do Eixo 1, a construção da barragem Nova Santarém, a construção e o alteamento do dique S3 e a implantação do dique S4, conforme descrito a seguir:

### **BARREIRAS SEÇÃO 1, 2, 3 E 4**

- Essas estruturas tiveram capacidade de reserva limitada e foram assoreadas ao longo do tempo. Durante a sua vida útil, auxiliaram na contenção dos rejeitos e na mitigação do risco de seu deslocamento, reduzindo a carga cinética de um eventual fluxo.

### **BARRAGEM NOVA SANTARÉM**

- Planejada para ser construída a jusante da antiga Barragem de Santarém, tem capacidade de reter 7,0 Mm<sup>3</sup> (ao atingir a elevação de 770m). Para o período chuvoso de 2017, o volume obtido para a barragem foi de aproximadamente 5,2 Mm<sup>3</sup>, com crista na elevação 765 m.

## **SEGUNDO ALTEAMENTO 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 alteamento do Dique S3 foi concluído em novembro/16, aumentando a capacidade total de retenção para 2,9 Mm<sup>3</sup>.

## **DIQUE S4**

- Foi implantado e planejado para minimizar o carreamento de sólidos depositados na comunidade de Bento Rodrigues. Esse dique possibilita a sedimentação dos sólidos e redução na turbidez da água vertida, fundamental para melhorar a qualidade da água durante o período chuvoso. A capacidade do reservatório é de 1,05 Mm<sup>3</sup>.

Além dos diques S3 e S4, foi considerada a implantação de estruturas emergenciais de contenção a montante, intituladas diques S1 e S2 entre a barragem de Santarém e o dique S3. Todavia, os volumes dos reservatórios obtidos para os diques S1 e S2 foram limitados, conseqüentemente com baixa relevância no que tange à contenção de sedimentos, em razão do seu assoreamento rápido e limitada eficiência no tratamento de água. No entanto, essas estruturas tiveram funções na redução do carreamento dos rejeitos a jusante do vale de Fundão e, de proteção para conclusão da obra do dique S3, cumprindo, assim, as funções esperadas. Hoje as estruturas se encontram assoreadas, e não são mais consideradas para fins de contenção adicional de rejeitos.

## **7.4 RECONFORMAÇÃO DAS CALHAS DOS RIOS PRINCIPAIS E CONTROLE DE EROSÃO**

No estudo intitulado “Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais – Relatório de Diretrizes Gerais do Projeto de Setembro, 2016” foram definidas premissas e critérios para o controle de sedimentos que incluem a recomendação de reconformação de calhas e margens do rio Doce e seus afluentes afetados, até Candonga, com o intuito de minimizar a remobilização dos sedimentos e rejeitos nas margens, e, conseqüentemente diminuindo a mobilização dos sedimentos e rejeitos depositados no leito que contribuem para o aumento da turbidez da água, além da desestabilização das margens, ocasionando processos erosivos.

Para a reconformação das calhas dos rios principais e o controle de erosão, foram priorizadas doze (12) áreas contempladas no estudo geomorfológico, intitulado de “Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais – Relatório de Diretrizes Gerais do Projeto de Setembro, 2016”. Dentre as etapas previstas em andamento listase: limpeza e conformação da área impactada; direcionamento das drenagens do escoamento superficial e instalação de medidas de controle de erosão; conformação de taludes da calha; aplicação de revestimento na calha, revegetação; monitoramento e manutenção.

As áreas prioritárias para recuperação por meio de obras de engenharia estão sendo trabalhadas, levando em consideração alguns preceitos, tais como os que tangem a recuperação da bacia, que devem contemplar obras na drenagem superior para a inferior, além disso, o cuidado com a mecânica de erosão e o transporte de rejeitos, dessa forma as atividades que foram realizadas e as que serão ainda realizadas na áreas, deverão visar a proteção do rejeito que está em contato com o fluxo, e posteriormente impedir que uma quantidade maior de rejeito entre em contato com o fluxo d’água.

Com relação ao controle do processo erosivo, no que tange às planícies de inundação, foram implementadas ações tais como: instalação de canaletas com seções triangulares e trapezoidais, canais trapezoidais com diques ou retentores de sedimentos, leiras de proteção em nível; cordões de contorno com retentores de sedimentos, feixes de galhadas e/ou capim Vetiver, paliçadas de madeira ou bambu, descidas de enrocamento, dissipadores de energia e revegetação com a utilização de leguminosas e gramíneas nativas.

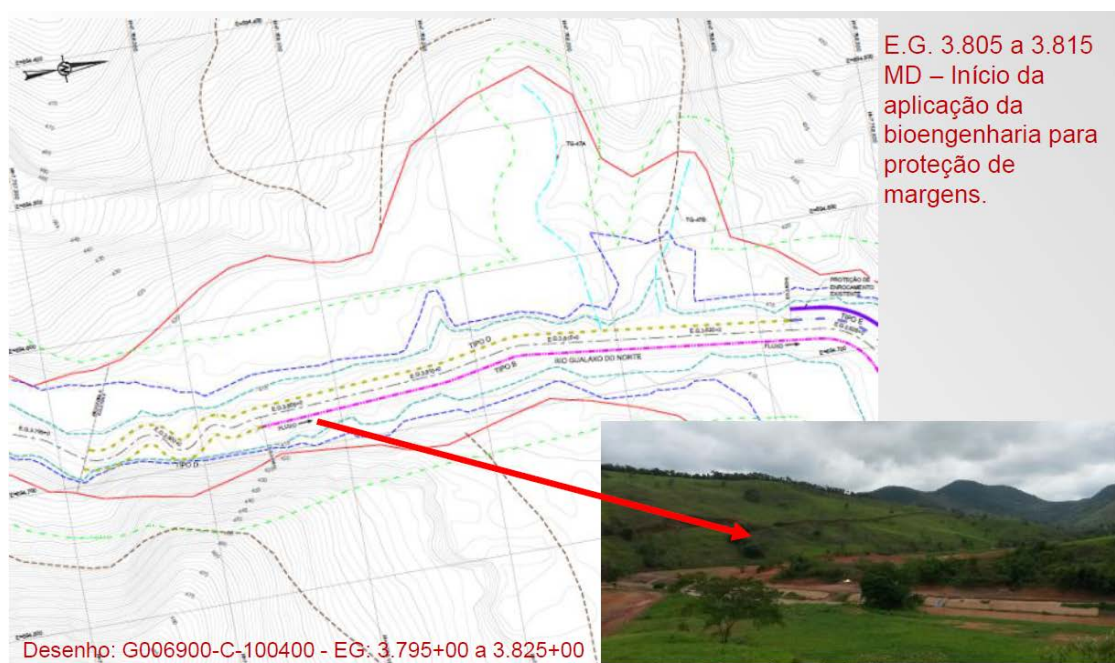
**Tabela 7-1. Áreas Prioritárias para Controle de Erosão e Dispositivos de Drenagem**

Área	Descrição
Área 03	Alto Gualaxo do Norte
Área 04	Córrego Camargos
Área 05	Paracatu de baixo
Área 06	Gesteira
Área 07	Pedras
Área 08	Paracatu de Cima
Área 09	Campinas Barreto

Área	Descrição
Área 10	Ponte do Gama
Área 11	Bicas
Área 13	PCH Bicas
Área 14	Rio Carmo em Barra Longa
Área 15 a	Barra Longa

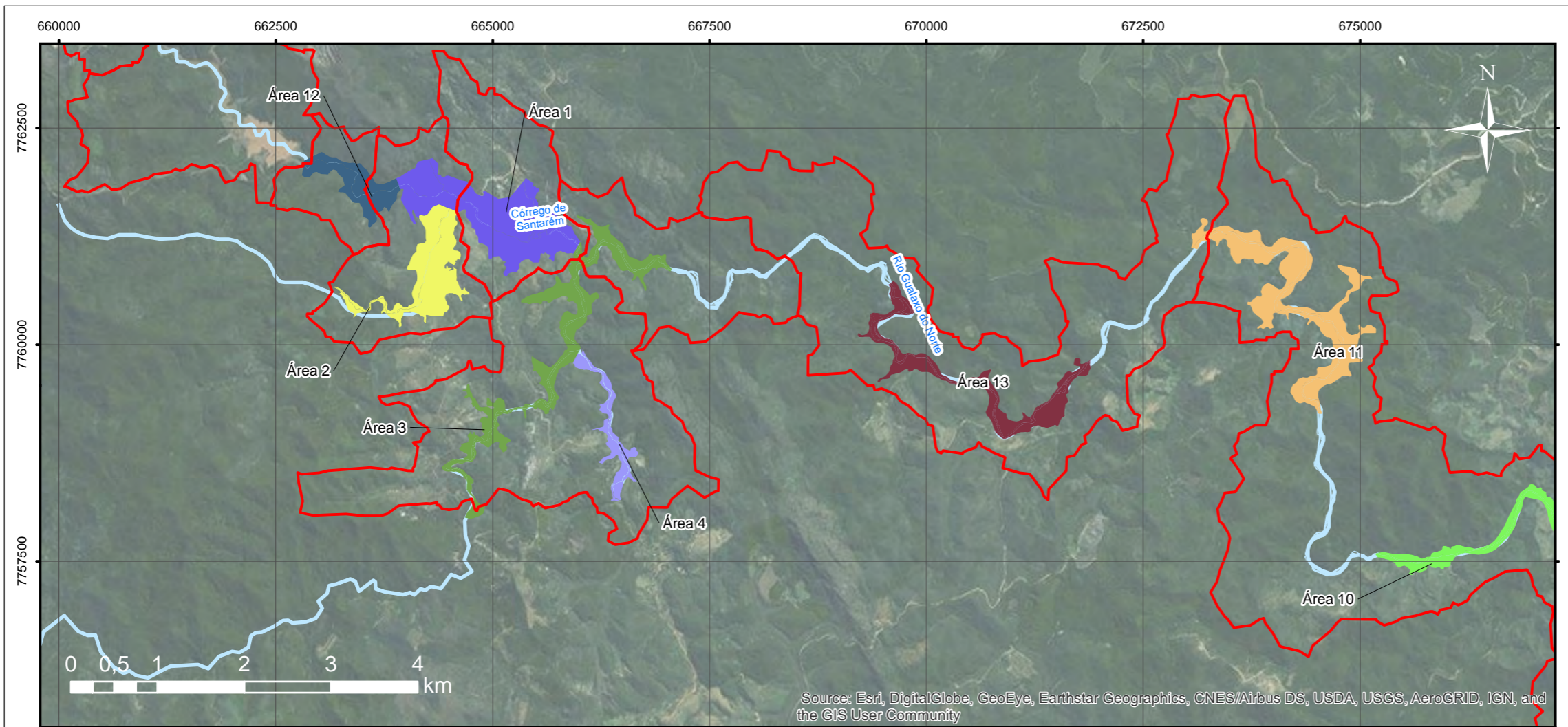
Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA (Dezembro, 2016)

Demais atividades ao longo do curso do Rio e seus Afluentes estão ocorrendo até Candonga, tais como construção de acesso para talude enrocado, implantação de biomanta nos taludes e nas canaletas semeadas, instalação de retentores de sedimentos, adequação de obra de tributários, colocação de matacos em pés de taludes, retirada de material, retaludamento, conformação de praia e taludes, conformação de margens, estão entre outras ações que estão sendo realizadas nas áreas prioritárias. Na Figura 1-1 do **Anexo II** são apresentados os principais pontos em que há obras na calha para controle de processos erosivos (cerca de 46 pontos).



**Figura 7-2.Exemplo de obra de aplicação de bioengenharia na área 6**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA (2016)



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



- LEGENDA:
- Reservatório Candongas
  - Curso d'Água
  - Trechos
- Áreas Prioritárias Golder
- Área 1 - Canal e planície de inundação do Córrego Santarém próximo a Bento Rodrigues
  - Área 2 - Canal e planície de inundação do Córrego Mirandinha
  - Área 3 - Canal e planície de inundação do alto Rio Gualaxo do Norte
  - Área 4 - Canal e planície de inundação do Rio Camargo
  - Área 5 - Planície de inundação BFL-11 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 6 - Planície de inundação BFL-27 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 7 - Planície de inundação BFL-17 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 8 - Planície de inundação BFS-10 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 9 - Planície de inundação BFS-26 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 10 - Planície de inundação BFS-08 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 11 - Planície de inundação NR-06 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 12 - Canal e áreas dos vales do alto Córrego Santarém
  - Área 13 - Planícies de inundação NR-04 e CF-05 do Rio Gualaxo do Norte
  - Área 14 - Planície de inundação a montante do Rio Carmo
  - Área 15 - Planície de inundação BFS-BFL-33 do Rio Carmo
  - Área 16 - Reservatório de Candonga

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

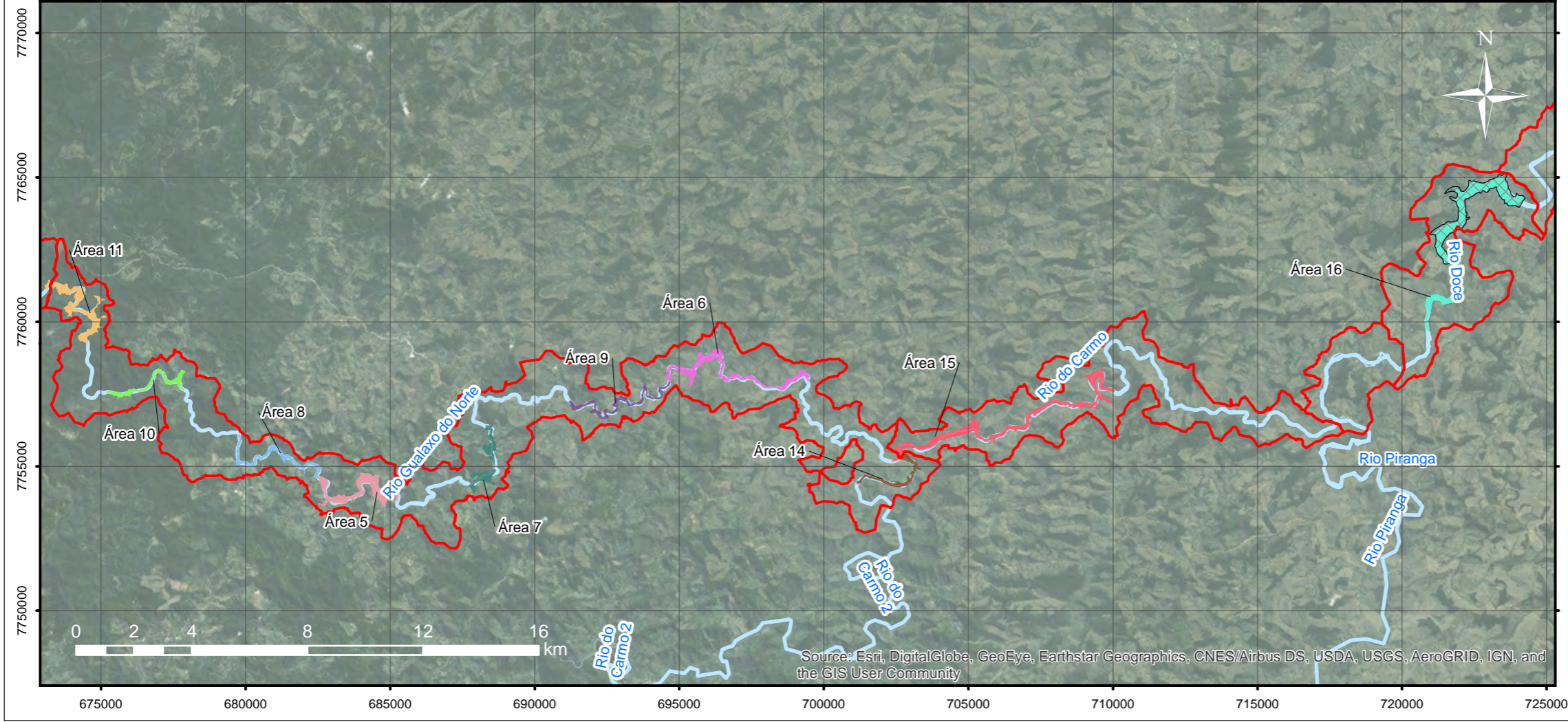
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015



TÍTULO:  
**Figura 7.3**  
**Mapa com as Áreas Prioritárias para Controle de Erosão Estabelecidas pela Golder**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 30/07/2017	PROJ.: WC	VERIF.: MT	APROV.: AG	REV.: RAO
---------	---------------------	--------------	---------------	---------------	--------------



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

## 7.5 MUDANÇA DE ALINHAMENTO DE TRIBUTÁRIOS

Após as avaliações realizadas nos diversos tributários afetados com o rompimento da barragem, compondo um total de cento e um tributários (101), foram sugeridas medidas intervencionais nesses tributários conforme estudo elaborado pela Golder Associates (2016) no estudo “Projeto de Recuperação Ambiental de Tributários – Mudança de Alinhamento de Tributários” e também no estudo “Projeto de Recuperação Ambiental de Tributários – Intervenção em Tributários sem Acesso”, ambos de Novembro de 2016 e executados posteriormente de acordo com o grau de prioridade da área. No **Anexo II** encontram-se apresentados os tributários que estão sob intervenção, além da área de abrangência de intervenção, bem como os pontos em que há obras na calha para o controle de processos erosivos. **Tabela 7-2** a seguir sintetiza as condições dos tributários e quais sofreram mudança de alinhamento. Cabe ressaltar que se faz necessária a atualização do cenário a partir das obras já realizadas, bem como avaliar a efetividade desses processos de intervenção.

**Tabela 7-2. Mudanças de Tributários**

Identificação do tributário	Situação
TG03, TG20, TG29, TG30A, TG40, TG47A e TG56.	Alterados
TG01A, TG01B, TG02, TG05, TG10, TG11, TG13, TG18, TG21, TG22, TG21A, TG21B, TG23, TG24, TG25, TG26, TG27, TG28, TG30, TG33, TG34, TG35, TG36, TG37, TG37A, TG38, TG39, TG40A, TG41, TG42, TG43, TG44, TG45, TG46, TG47, TG47B, TG48, TG49, TG49A, TG49B, TG49C, TG49D, TG49F, TG49G, TG50, TG51, TG52, TG53, TC01, TC02, TC05, TC06, TC07, TC08, TC09 e TC10.	Mantidos
TG03, TG40 (em obras) e TG47A	Não foi possível identificar alinhamento pré-ruptura
TG20, TG30A	Lagoas de garimpo
TG29 e TG56	Risco de escavação em pés de taludes íngremes
TG07, TG08, TG09, TG12 e TG54.	Sem acesso

Fonte: GOLDER ASSOCIATES, 2016 - Compilação de dados

A priorização para intervenção dos tributários se deu de acordo com as características dos mesmos, tais como: vazão, topografia e áreas impactadas, além

das condições de acessos existentes. Com base na avaliação dos estudos já realizados nos tributários, sugere-se que seja avaliada a efetividade das medidas intervencionais tomadas e que sejam avaliados os tributários aos quais não havia acesso, e se o impacto gerado pela abertura de acesso não será mais danoso do que a não intervenção.

## 7.6 RECUPERAÇÃO DE TERRENOS EXPOSTOS

Nos estudos do “Projeto de Recuperação Ambiental de Rios Principais – Relatório de Diretrizes Gerais de Projeto”, os terrenos destinados à reconformação das calhas dos rios principais e também para controle de erosão, são muito heterogêneos, tanto na natureza, como nas condições atuais, ocasionadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, mas também produtos das ações antrópicas já decorridas em muitas áreas. Devido a esse fato, as ações de recuperação das calhas e o controle de erosão dependem de avaliações preliminares das condições locais de forma setorizada, que permitam elaborar planos de recuperação específicos para cada tipo de terreno e situação. Além disso, são necessárias considerações com relação à planície de inundação, margem e calha para determinação de planos de recuperação efetivos.

Para não frustrar os esforços de recuperação, é imprescindível que se incorpore a dinâmica superficial nas ações de recuperação. É preciso integrar os resultados dos estudos geomorfológicos, hidrológicos e sedimentológicos aos de uma modelagem hidrodinâmica consistente e, a partir daí, analisar não apenas as consequências do evento, mas também os efeitos das obras na dinâmica fluvial.

Os estudos geomorfológicos, hidrodinâmicos e hidrossedimentológicos conforme apresentados no relatório de “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão, 2016”, corroboraram para a necessidade de ações que visem o controle dos processos erosivos na área afetada pela deposição de rejeitos, com o objetivo de reduzir o impacto na qualidade da água associado aos sólidos em suspensão, considerando principalmente a propagação em períodos chuvosos.

Somada à necessidade de reduzir o impacto na água, se faz necessário avaliar, por exemplo, se algumas das margens erosivas revestidas por enrocamentos ou protegidas por gabiões não promoverão novas erosões e, dessa forma, precisam ser

avaliados considerando outros fatores, como a própria evolução natural da calha fluvial.

## 7.7 PLANTIO EMERGENCIAL

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.

O programa de revegetação inicial emergencial tinha como principal objetivo atender a cláusula 158 do Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC), que especifica “*Caberá à FUNDAÇÃO efetuar a revegetação inicial, emergencial e temporária, por gramíneas e leguminosas, visando a diminuição da erosão laminar e eólica, com extensão total de 800 ha (oitocentos hectares) e conclusão até o último dia útil de junho de 2016, de acordo com o programa aprovado pelos ÓRGÃOS AMBIENTAIS.*”

A **Tabela 7-3** apresenta um resumo das áreas revegetadas até 21/07/2016.

**Tabela 7-3. Resumo das áreas revegetadas pela Samarco dentro do programa de revegetação inicial emergencial.**

Classe	Área plana	Área espacial
Revegetação Agroflor	143,78	145,90
Revegetação RG	518,38	528,88
Sobreposição de plantio	94,54	95,82
Sobreposição de plantio tributários - Agroflor	5,64	5,67
Sobreposição de plantio tributários - RG	11,57	11,73
Sobreposição tributários - Agroflor e RG	6,17	6,23
Revegetação exclusiva tributários	14,25	14,25

Atualmente está em andamento, 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 a introdução de espécies arbóreas nativas.

## 8 DIVISÃO ESPACIAL PARA AVALIAÇÃO SETORIZADA E DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

### 8.1 EXTENSÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA IMPACTADA

Conforme descrito na Seção 5 desse Plano, a Área Ambiental 1 é definida pelo TTAC como “as áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada”, com uma extensão aproximada de 668 km.

Estudos anteriores<sup>2</sup> indicaram a seguinte subdivisão baseada na intensidade dos impactos decorrentes do rompimento da barragem:

- i. Zona A: trecho entre a barragem de Santarém e a barragem de Candonga;
- ii. Zona B: trecho entre a barragem de Candonga e a foz do Rio Doce; e
- iii. Zona C: zona costeira próxima à foz do Rio Doce.

Para os objetivos do Plano de Manejo de Rejeito a Área Ambiental 1 foi subdividida considerando os aspectos físicos dos processos de deposição dos materiais sólidos carregados pelo rompimento da barragem, as características dos cursos de água e a abrangência espacial das áreas afetadas. A **Figura 8-1** apresentada no fim deste subitem mostra as 5 Áreas Impactadas pelo Evento.

Esta subdivisão resultou ainda em 17 trechos tendo por base a intensidade e a extensão lateral aos cursos d'água afetados diretamente pelos processos de transporte e deposição dos materiais detriticos mobilizados pelo evento e constituem a base para a definição das alternativas de manejo apresentadas no presente Plano de Manejo de Rejeito.

Tendo em vista que (i) rejeitos provenientes do rompimento da barragem de Fundão ainda se encontram depositados ao longo das margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce e respectivos tributários; e (ii) diferentes comportamentos hidrológicos podem causar erosão e carregamento dos rejeitos para o canal principal aumentando os níveis de turbidez, faz-se necessária a análise das regiões adjacentes

---

<sup>2</sup> Favor inserir a referência.

à área diretamente impactada pelo evento para a elaboração do Plano de Manejo de Rejeito por médio da utilização de ottobacias.

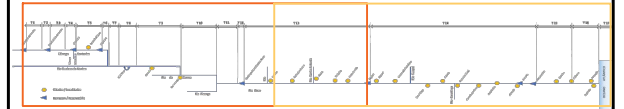
A **Figura 8-2** e a **Figura 8-2a** apresentam a setorização em 17 trechos, compreendidos pelas 5 Áreas já apresentadas na **Figura 8-1**.

A divisão espacial para a setorização das atividades de gestão e manejo de rejeitos proposta por este Plano é baseado em quatro aspectos principais:

- Geomorfologia;
- Tipo de vegetação;
- Uso do solo; e
- Ottobacias.

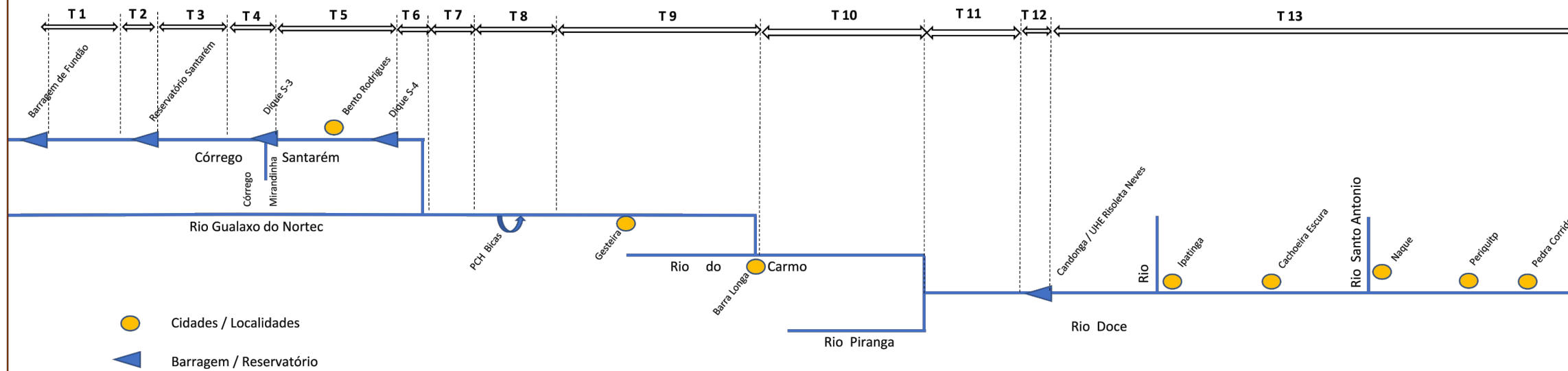
A divisão espacial é apresentada a seguir, representada por fotos de sobrevoo de helicóptero, realizado em agosto de 2016. Destaca-se que essas ilustrações tiveram o objetivo de facilitar a compreensão dos processos e não representam a situação presente, em grande parte já modificada pelas ações emergenciais realizadas durante todo o ano de 2016. Alguns processos ainda prosseguem em execução, além da própria regeneração natural, que se desenvolve em parte das áreas afetadas.

Segmento 1



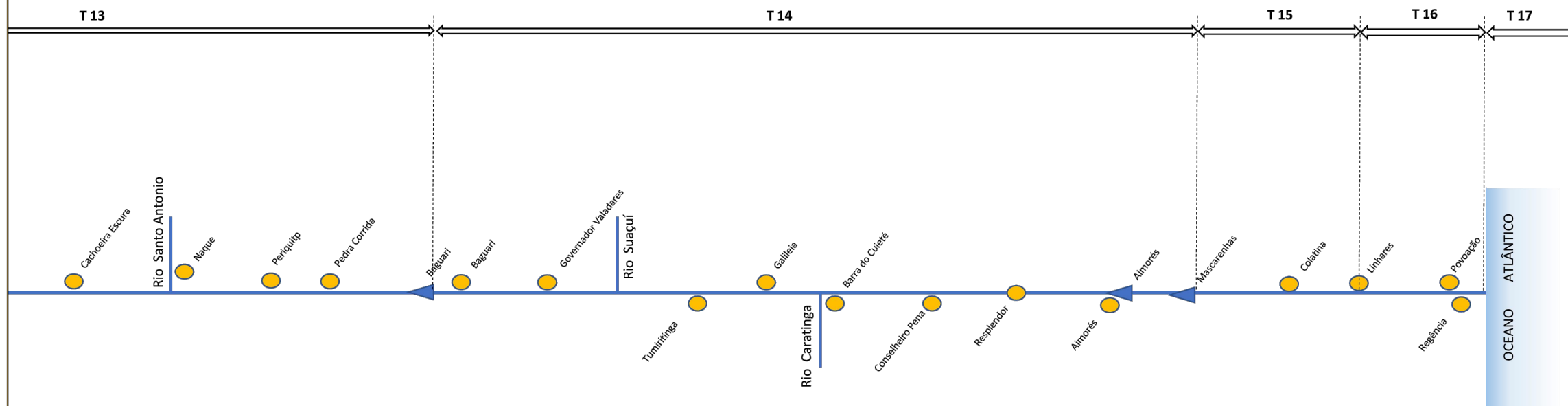
Segmento 2

Segmento 1



- Cidades / Localidades
- ▶ Barragem / Reservatório

Segmento 2



ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

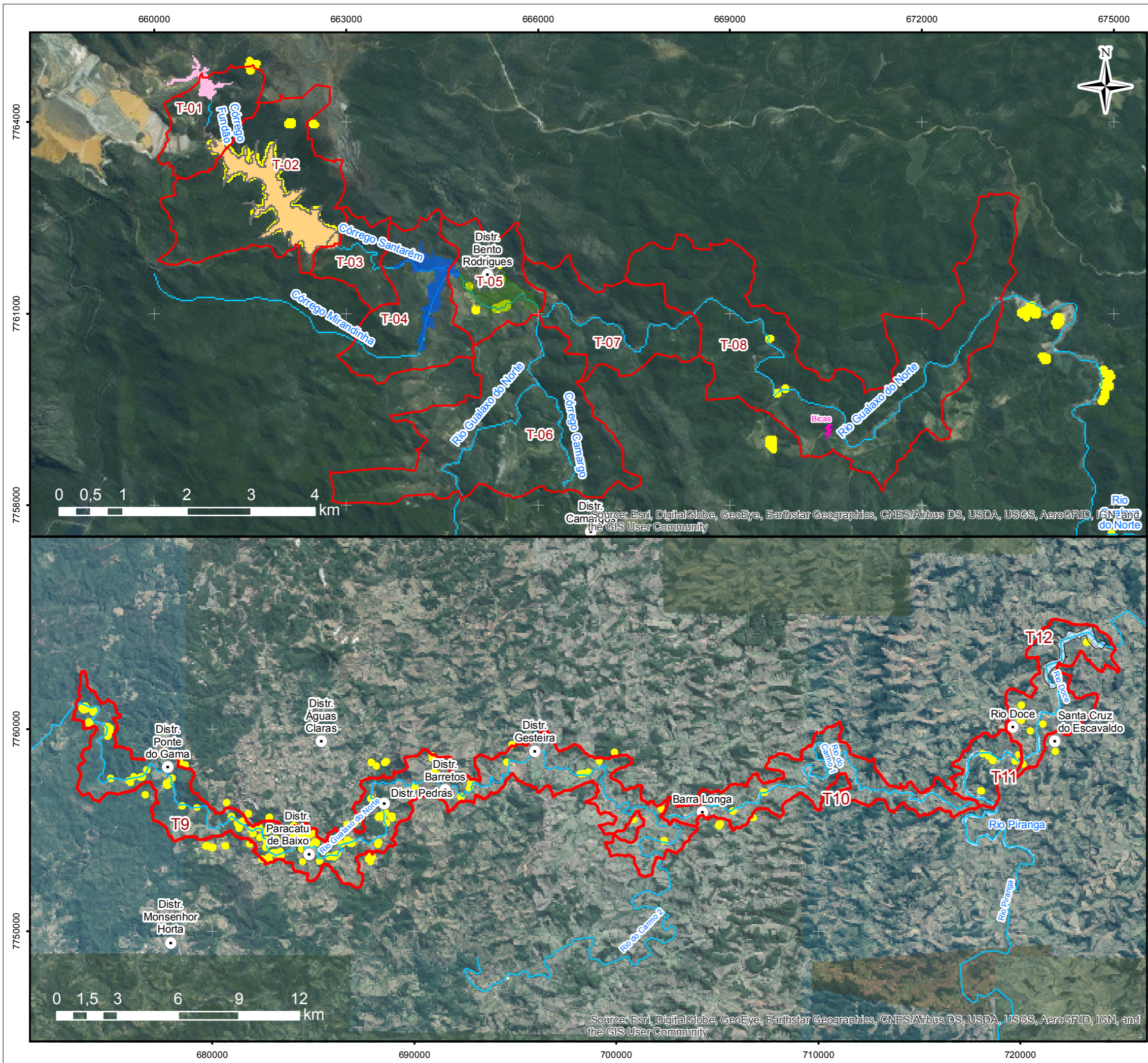
REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
 Figura 8.1  
 Diagrama de Identificação dos Trechos

PROJETO:  
 Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	10/03/2017	rutima	VN	AG	RA1



- LEGENDA:
- Área de Abrangência
  - Municípios / Distritos Afetados
  - Pequenas Centrais Hidrelétricas
  - Nova Santarém
  - Barragem do Fundão
  - Dique S3
  - Dique S4
  - Curso d'Água
  - Lagoas

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:

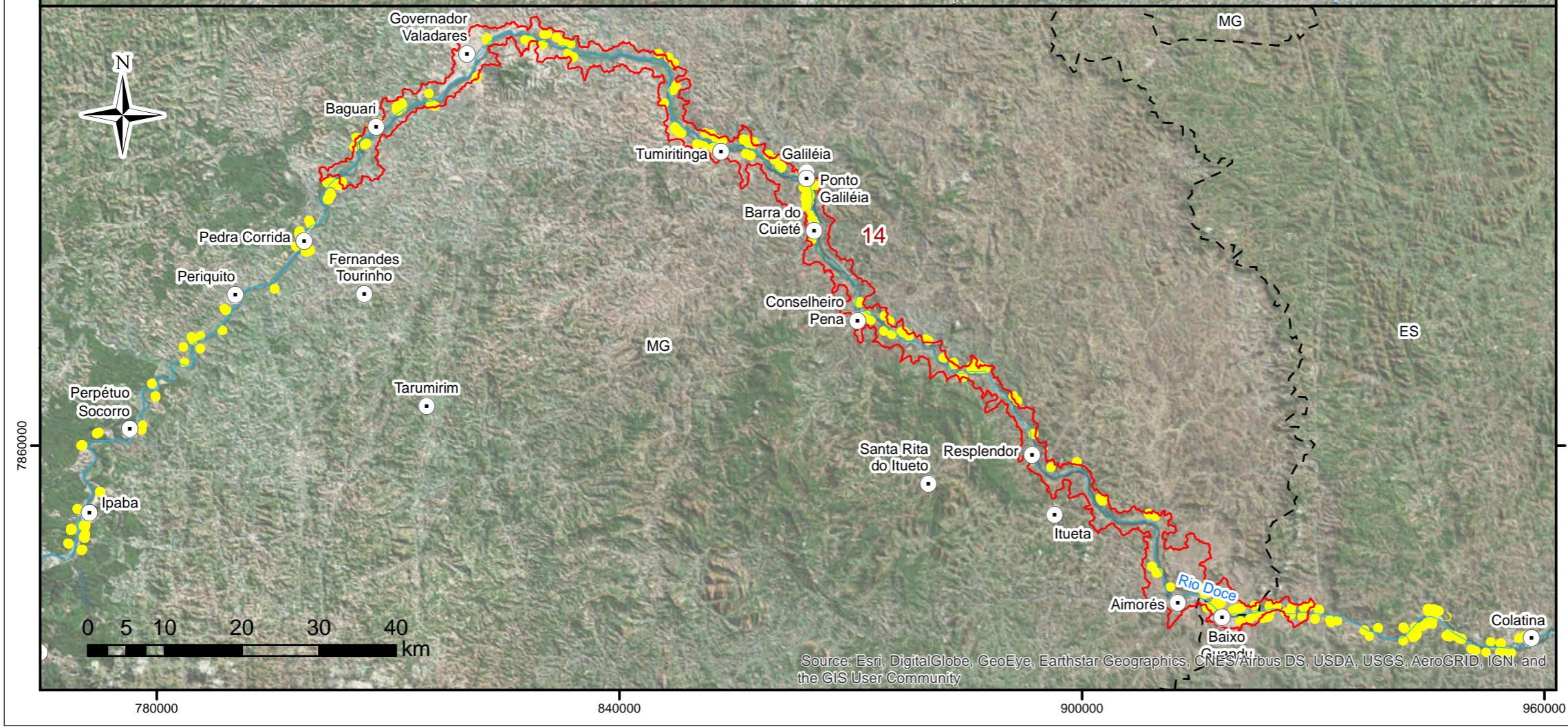
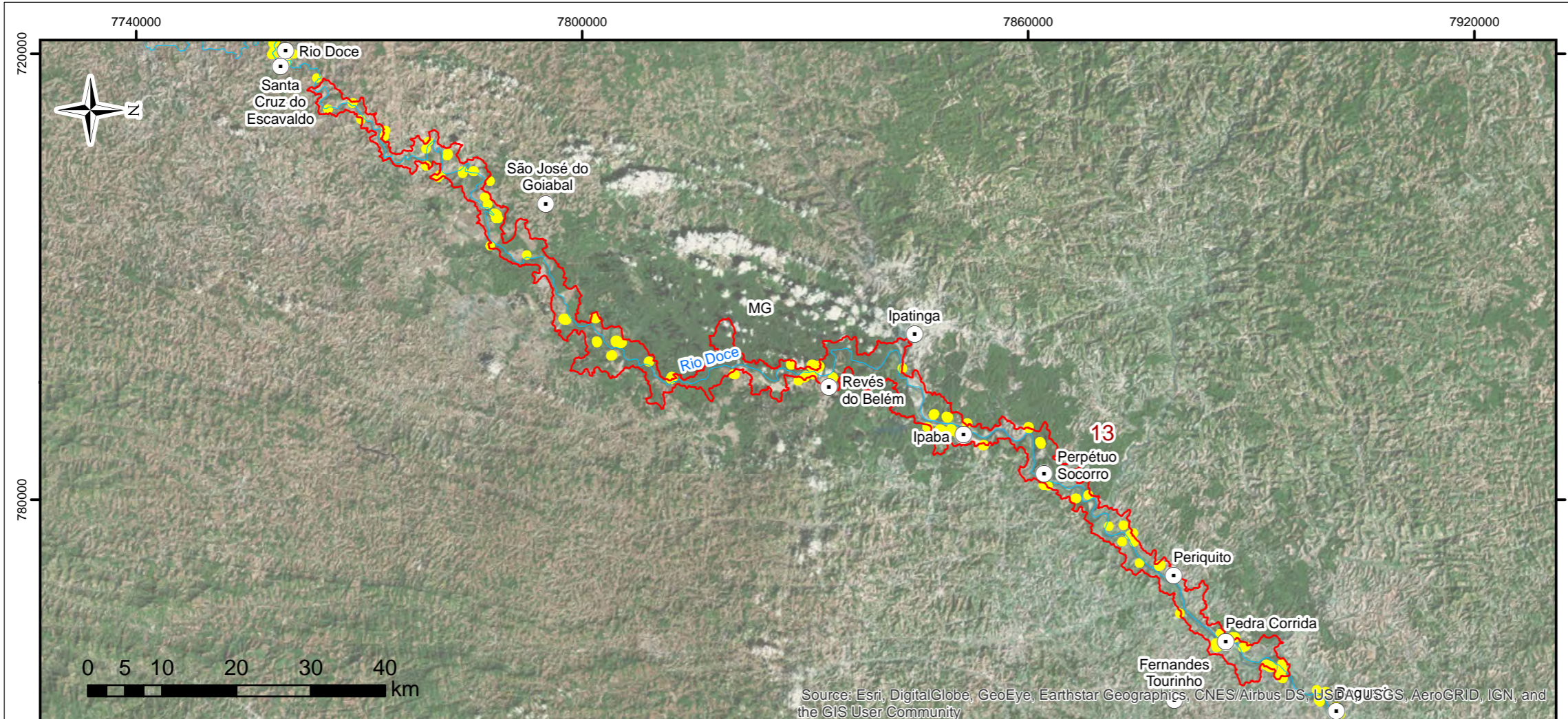


TÍTULO:  
**Figura 8.2-A**  
**Segmentação da Área Impactada**  
**em Trechos**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
	01/08/2017	rutima	MB	AG	RA1

Figura 8.2-A



- LEGENDA:
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Curso d'Água
  - Lagoas
  - - - Divisa Estadual

ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

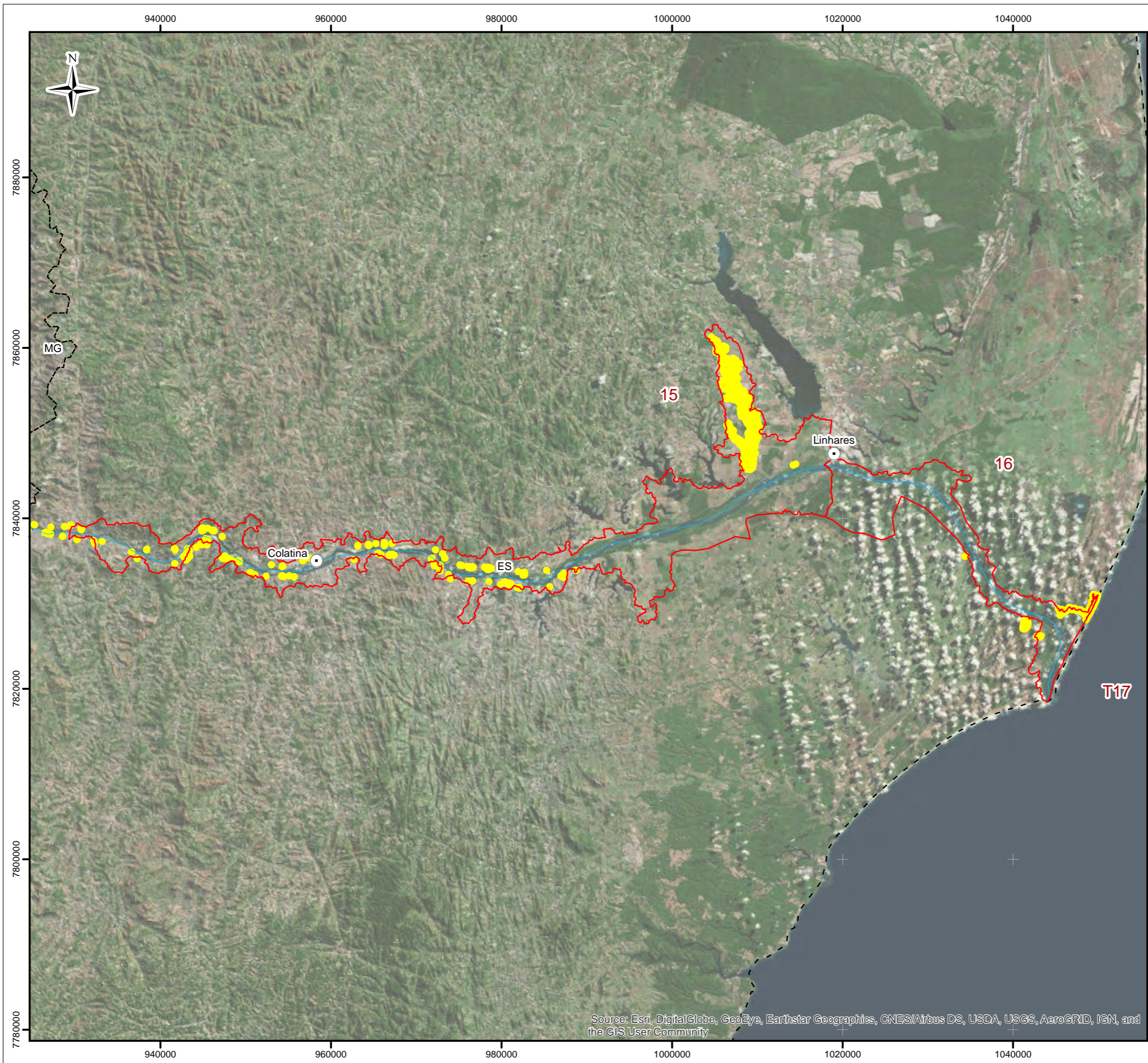
REFERÊNCIA:



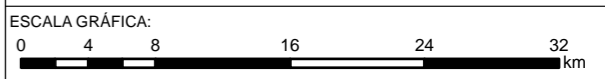
TÍTULO:  
**Figura 8.2-B**  
**Segmentação da Área Impactada**  
**em Trechos**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 27/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: MB	APROV.: AG	REV.: RA1
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------



- LEGENDA:
- Municipios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Curso d'Água
  - Lagoas
  - - - Divisa Estadual



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:



TÍTULO:  
**Figura 8.2C**  
**Segmentação da Área Impactada**  
**em Trechos**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 27/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: MB	APROV.: AG	REV.: RA1
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Figura 8.2-C

## 8.2 ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO

A delimitação da região adjacente às áreas diretamente impactadas deve ser determinada pelo cruzamento dos limites destas com a base hidrográfica ottocodificada. A construção da base ottocodificada consiste de um conjunto de processos para tratamento topológico da rede hidrográfica com base na codificação de Otto Pfafstetter (1989) e que permite associar e extrair informações a jusante e a montante de cada trecho da rede de drenagem (Agência Nacional de Águas - ANA, 2006).

Conforme indicado no site de metadados da ANA, a Base Hidrográfica foi construída a partir de bases vetoriais disponibilizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em escala 1:50000 e pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA) em escala 1:100.000 do mapeamento sistemático brasileiro, seguida de ajustes topológicos nos trechos de drenagem e procedimentos de ottocodificação.

Condições hidrológicas que resultem em vazões de elevado período de retorno e/ou aumentem a velocidade de escoamento do rio podem causar a erosão das margens e planícies e, conseqüentemente, carregar os rejeitos de volta para a calha do rio. O modo como essa poluição pode ser descarregada pode ser considerada de duas maneiras: pontual e difusa. As ottobacias correspondentes às entradas dos tributários devem ser avaliadas como de aportes pontuais, enquanto aquelas localizadas ao longo do canal, como de aportes difusos. Essa diferenciação faz-se necessária devido às formas de manejo exclusivas de cada uma.

Desta maneira, o conceito de disciplinamento de drenagens estará associado à delimitação de ottobacias que amplia a avaliação para áreas além do alcance da pluma de rejeitos.

Com relação à zona marinha, a definição da área de abrangência acontecerá após a realização dos estudos previstos no Termo De Referência 4 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática elaborado pelo ICMBIO e seus Anexo 3 - Estudo e Monitoramento Ambiental no Rio Doce, Área Estuarina e Marinha (Área Ambiental 1) e Anexo 8 - Monitoramento da Sedimentação no Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e Regiões Relacionadas.

### 8.3 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS ALVO E SUBDIVISÃO POR TRECHOS

Durante os Workshops, a divisão territorial a ser aplicada no Plano de Manejo de Rejeito foi largamente discutida e foram definidas 5 áreas, a seguir detalhadas:

- Área 1: Trecho de grande impacto do evento - Trecho 1 a 5;
- Área 2: Grande volume depositado em calhas e planícies e terraços aluvionares dos rios Gualaxo, do Carmo e trecho inicial do Rio Doce – Trecho 6 a 11;
- Área 3: Reservatório de Candonga, UHE Risoleta Neves – Trecho 12;
- Área 4: Impactos concentrados na calha do Rio Doce – Trecho 13 a 16;
- Área 5: Zona marinha costeira - Trecho 17.

#### 8.3.1 ÁREA 1: TRECHO DE GRANDE IMPACTO DO EVENTO.

Este trecho compreende a área impactada do Córrego Santarém a jusante da barragem de Fundão até confluência com o Rio Gualaxo do Norte.

Neste trecho inclui-se as seguintes áreas de interesse:

- Estruturas de contenção de rejeitos construídas: Barragem Nova Santarém, Dique S3 e Dique S4;
- Seção do Córrego Santarém entre os diques S3 e S4, onde ações de recuperação da parte não alagada do povoado de Bento Rodrigues estão sendo implementadas;
- Trecho do Córrego Mirandinha afetado pelo efeito de remanso no Córrego Santarém.

A subdivisão desta Área 1 é apresentada a seguir:

##### 8.3.1.1 Trecho 1: Barragem do Fundão até o Remanso do Reservatório Santarém- Extensão: 1.100 metros.

Imediatamente após a ruptura da barragem do Fundão, a massa de rejeitos em movimento atinge o córrego Santarém, num trecho de aproximadamente 1.100 m de comprimento, até chegar ao remanso do reservatório de Santarém, em setor já totalmente assoreado pelos rejeitos de minério decantados das águas drenadas da própria barragem de Fundão.

Neste trecho, o vale do córrego Santarém apresenta-se bastante encaixado e em razão da grande vazão de escoamento da massa de rejeitos, esta alcançou alturas superiores a 30 m acima do talvegue e seu deslocamento provocou a remoção total da vegetação nativa de porte arbóreo e o desnudamento da camada de solo, expondo o substrato rochoso em grande parte da área afetada.

A **Foto 8-1**, obtida em um sobrevoo de helicóptero em agosto de 2016, ilustra os impactos decorrentes do evento de ruptura.



**Foto 8-1. Impactos Remanescentes da Ruptura**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoo

Conforme a **Foto 8-1** em primeiro plano, à direita, terraplenagem associada à recuperação do Transportador de Longa Distância, rompido pelo evento, e detalhe do embasamento rochoso exposto pela erosão. A seta em vermelho indica a posição aproximada do eixo da barragem de Fundão. Ao fundo e à direita, a pilha de estéril da Mina de Fazenda Nova.

#### 8.3.1.2 Trecho 2: Reservatório de Santarém. Extensão: 2.500 m.

Ao alcançar o reservatório Santarém, o fluxo de rejeitos, agora já incorporando a vegetação e os solos removidos do Trecho 1, encontra uma seção de escoamento menos restritiva, constituída pela superfície dos rejeitos retidos na barragem desde o início de sua operação, cuja largura média é de 200 metros.

Nestas condições, a massa em movimento alcança uma altura menor, em torno de 15 m, sobre as encostas adjacentes ao reservatório e, devido à menor velocidade de deslocamento, removeu toda a vegetação presente sobre as mesmas, mas não promoveu a erosão do solo com a mesma intensidade que no Trecho 1.

Deste modo, conforme se observa da **Foto 8-2**, a vegetação nas encostas afetadas vem se restabelecendo naturalmente, já oferecendo proteção contra a erosão pluvial mas, obviamente, demorará décadas até que readquira o porte arbóreo e diversidade da vegetação existente antes do evento.



**Foto 8-2. Reestabelecimento natural da vegetação das encostas**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

A **Foto 8-2** apresenta o aspecto geral do Trecho 2, ao longo do reservatório Santarém. Notar os setores de encosta adjacentes, cuja vegetação arbórea anterior foi removida, mas já apresenta uma cobertura de herbáceas suficiente para uma proteção inicial contra os processos erosivos.

### 8.3.1.3 Trecho 3: Barragem de Santarém até 1.200 m a jusante medidos ao longo dos cursos do córrego Santarém.

A jusante da barragem de Santarém, o córrego continua por um vale encaixado, porém um pouco mais amplo que o Trecho 1. Assim, a massa de material detrítico, ao galgar a barragem de Santarém e atingir este trecho, alcança uma altura aproximada de 25 m sobre as encostas e tem velocidade suficiente para remover toda a vegetação arbórea existente, mas apenas uma parte dos solos é removida, como se pode observar na **Foto 8-3**.

Os setores de encosta onde o solo não foi removido vem apresentando a recuperação da vegetação herbácea, da mesma forma que no Trecho 2, porém os setores de encosta onde o solo foi removido encontram-se desnudos e sujeitos à erosão pluvial.



**Foto 8-3. Remoção de parte do solo das encostas**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

A **Foto 8-3** apresenta o aspecto geral do Trecho 3, a jusante da barragem Santarém, com impactos similares ao Trecho 1. Em primeiro plano na mesma foto, o remanso do reservatório do Dique s-3, correspondendo ao início do Trecho 4.

*8.3.1.4 Trecho 4: Reservatório do Dique S-3. Extensão: 1.200 metros ao longo do córrego Santarém e 2.700 m ao longo do córrego Mirandinha*

Neste trecho, o vale do córrego Santarém torna-se aberto e bastante amplo, notadamente pela vertente da margem direita, de onde recebe um afluente, o córrego Mirandinha. Logo a jusante da foz do córrego Mirandinha, no entanto, encontra-se um estreitamento do vale, exatamente onde se implantou posteriormente o Dique S3 com a finalidade de reter os rejeitos remobilizados da barragem de Fundão e evitar que aportem ao rio Gualaxo do Norte.

Em razão desta configuração morfológica, o fluxo de material detrítico, em seu movimento, toma uma ampla área do vale do córrego Santarém e remonta o córrego Mirandinha por até 2.700 metros. Num primeiro momento, remove a vegetação existente sobre as áreas invadidas, mas, no refluxo, ao perder velocidade, deposita

material detrítico em toda a faixa inundada, que alcança até 500 m de largura e cuja espessura depositada chega a 2 m.



**Foto 8-4. Reservatório formado pelo Dique S3**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

A **Foto 8-4** apresenta o reservatório formado pelo Dique S3 (ao fundo). Em primeiro plano, vertentes do córrego Mirandinha, com material detrítico depositado e afetado por erosão em sulcos.

Este material depositado, sem coesão, é suscetível à erosão, processo que vem efetivamente ocorrendo de forma intensa nos primeiros meses após o evento, conforme se observa na **Foto 8-4**. Com a implantação do Dique S3, os materiais remobilizados pela erosão permanecem retidos no seu reservatório.

Atualmente, conforme se pode observar nas **Foto 8-5** e **Foto 8-6**, estas encostas já apresentam um processo inicial importante de regeneração natural da vegetação, reduzindo a erosão dos materiais ali depositados.



**Foto 8-5. Reservatório do Dique S3, no braço do córrego Mirandinha. Ao fundo, base da encosta com vegetação removida pelo evento e já com cobertura herbácea por regeneração natural.**

Fonte: CH2M, março/2017



**Foto 8-6. Dique e Reservatório S3. Ao fundo, base da encosta com vegetação removida pelo evento e já com cobertura herbácea/arbustiva por regeneração natural**

Fonte: CH2M, março/2017

#### *8.3.1.5 Trecho 5: Dique S3 até o Dique S4. Extensão: 1.900 m ao longo do córrego Santarém.*

Após ultrapassar o estreitamento do vale, onde posteriormente se instalou o Dique S3, o fluxo de material detrítico alcança um grande alvéolo onde se instalara Bento Rodrigues e que precede um novo estreitamento do vale, agora junto à foz do rio Santarém no rio Gualaxo do Norte.

O terreno amplo e suavizado do alvéolo de Bento Rodrigues, associado ao estreitamento abrupto do vale, provocou um represamento do fluxo de material mobilizado, que inicialmente destruiu todas as edificações da área atingida e, em

seguida, depositou uma camada de material detrítico com espessura de até 1 metro, em média.

A largura total afetada neste trecho alcança cerca de 700 metros de largura, como se observa na **Foto 8-7**. Na **Foto 8-8** se observa a mesma área, já com o reservatório do Dique S-4 formado.



**Foto 8-7. Aspecto geral da área de Bento Rodrigues, a partir do Dique S-3, em primeiro plano.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-8. Reservatório do Dique S-4. Ao fundo e à direita, Bento Rodrigues.**

Fonte: CH2M, março/2017



**Foto 8-9. Dique S-4. Ao fundo, a foz do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte, destacando-se a altura atingida pelo fluxo de material detrítico, com altura aproximada de 30 metros.**

Fonte: CH2M, março/2017

### 8.3.2 ÁREA 2: GRANDE VOLUME DEPOSITADO EM CALHASE PLANÍCIES E TERRAÇOS ALUVIONARES DOS RIOS GUALAXO DO NORTE, DO CARMO E TRECHO INICIAL DO RIO DOCE

Este trecho compreende as áreas impactadas do Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo e trecho inicial do Rio Doce, até o remanso do Reservatório de Candonga.

Neste trecho incluem-se as seguintes áreas de interesse:

- Rio Gualaxo do Norte a montante da confluência com o Córrego Santarém onde o efeito de remanso impactou o trecho do rio, incluindo o tributário córrego Camargos;
- Planícies de inundação e tributários dos rios Gualaxo do Norte e rio do Carmo;
- Confluência do Rio do Carmo com o Rio Gualaxo do Norte;
- Áreas povoadas de Gesteira, Paracatu de Cima, Paracatu de Baixo e Barra Longa;
- Confluência do Rio do Carmo com Rio Piranga e trecho inicial do rio Doce; e
- Início do Reservatório (remanso) de Candonga.

Os trechos compreendidos pela Área 2 são apresentados a seguir:

### 8.3.2.1 Trecho 6: Rio Gualaxo do Norte, a montante da foz do córrego Santarém.

*Extensão: 5.700 m no rio Gualaxo do Norte + 2.000 m no córrego “dos Camargos”.*

O fluxo de material detrítico, após ultrapassar o estreitamento no vale do córrego Santarém, junto à sua foz no rio Gualaxo do Norte, onde foi instalado o Dique S4, conforme **Foto 8-10**, divide-se dois caudais: um direcionando-se para o trecho de montante do rio Gualaxo do Norte e o segundo, seguindo a jusante, pelo curso normal rio abaixo.

O Trecho 6 é constituído pelo segmento do rio Gualaxo do Norte, a montante, por uma extensão de 5.700 m, acrescidos de aproximadamente 2.000 metros no córrego dos Camargos, um afluente pela sua margem direita, até cerca de 500 m a jusante da vila denominada Camargos. Esta vila, no entanto, não foi afetada diretamente pelo evento, tendo o seu acesso dificultado em decorrência da destruição de uma ponte sobre o córrego Santarém, no Trecho 5, e uma segunda ponte, está no próprio rio Gualaxo do Norte, no mesmo Trecho 6.



**Foto 8-10. Confluência do córrego Santarém no rio Gualaxo do Norte e a localização do Dique S-4 (seta vermelha), em início de construção em agosto de 2016.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

Neste trecho o fluxo dos materiais detríticos provocou a remoção da vegetação das encostas do vale e de parte dos solos em setores restritos das mesmas, até uma altura média aproximada de 15 m e, no movimento de recuo do fluxo de lama,

depositou materiais detríticos sobre as encostas e sobre as planícies aluvionares, os quais estão submetidos à erosão pluvial conforme **Foto 8-11**.



**Foto 8-11. Rio Gualaxo do Norte, a montante da foz do córrego Santarém**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

Nota-se a remoção completa da vegetação, a erosão em setores da base da encosta e a deposição generalizada de material detrítico, tanto sobre as encostas como sobre o canal fluvial, formando bancos arenosos.

A **Foto 8-12** mostra a situação atual de parte deste Trecho 6, com regeneração natural importante da vegetação da planície aluvionar, completamente removida pela passagem do fluxo de material detrítico. As **Foto 8-13** e **Foto 8-14** mostram a constituição dos depósitos de material detrítico formados na calha fluvial do rio Gualaxo do Norte pelo evento e que vem sendo remobilizados pelo fluxo normal do rio e resultando no aumento de sua turbidez e cor aparente.



**Foto 8-12. Planície aluvionar do rio Gualaxo do Norte onde houve remoção completa da vegetação, já em processo de regeneração natural. Ao fundo, árvore mortas por deposição de material detrítico sobre o solo natural na base da encosta.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-13. Depósito de material detrítico na calha fluvial, de constituição arenosa mas contendo finos, os quais entram em suspensão quando remobilizados**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-14. Detalhe da foto anterior, destacando a textura essencialmente arenosa e a porção de finos entrando em suspensão quando remobilizados.**

Fonte: CH2M, Março/2017

No extremo montante da área afetada neste Trecho 6 formou-se um acúmulo de troncos de árvores e uma faixa com árvores da mata nativa mortas – **Foto 8-15** – em decorrência da deposição de material detrítico sobre o solo natural. Dadas às características de textura e à compacidade do material depositado – **Foto 8-16**, as trocas gasosas entre o solo e a atmosférica deixaram de ocorrer, num processo denominado sufocamento, sendo esta a causa provável da morte das árvores nestes setores de encosta.

Parte das áreas de fundo de vale afetadas pela deposição de materiais detríticos foi objeto de obras de drenagem superficial e de controle de erosão, com o objetivo de disciplinar o escoamento superficial sobre tais áreas e controlar o desenvolvimento de processos erosivos, que terminam por reconduzir os materiais detríticos novamente para os cursos d'água conforme **Foto 8-17**.



**Foto 8-15. Rio Gualaxo do Norte, no extremo de montante do Trecho 6, afetado pelos materiais detríticos. Notar acúmulo de troncos e vegetação morta.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-16. Detalhe do depósito de material detrítico com espessura de 20 cm sobre o solo em encosta ocupada por floresta, provocando a morte das árvores.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-17. Rio Gualaxo do Norte, Trecho 6, com obras de drenagem superficial e implantação de cobertura vegetal de proteção contra a erosão, executadas no fundo de vale em pequeno tributário do rio Gualaxo do Norte, a montante da confluência do córrego Santarém.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

*8.3.2.2 Trecho 7: Rio Gualaxo do Norte, desde a confluência do córrego Santarém.  
Extensão: 3.200 m.*

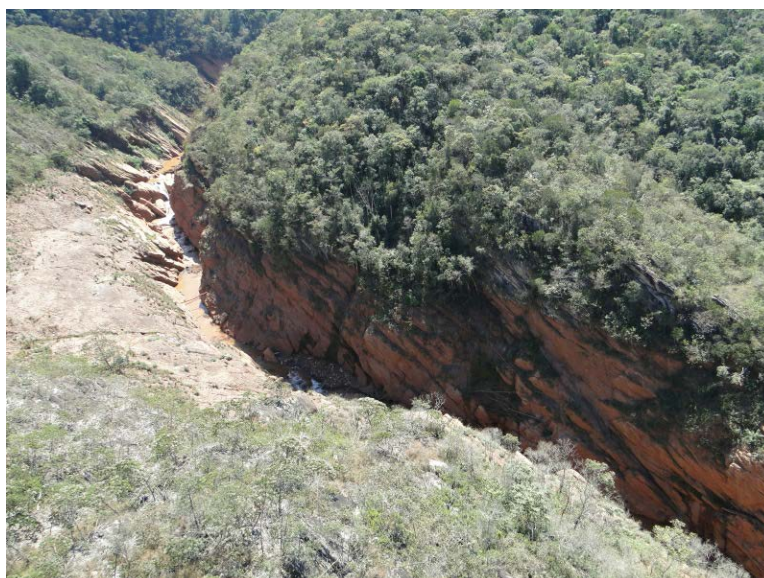
Imediatamente a jusante da confluência do córrego Santarém, o rio Gualaxo do Norte adentra um vale em V fechado, o qual constitui a passagem do rio através de uma serra alongada no sentido SE-NW, e segue por aproximadamente 3 km em vale fechado com pequenos segmentos mais abertos, como no setor onde se situava a Estação de Captação e Bombeamento, conforme **Foto 8-18**, que abastecia a Samarco e que foi completamente destruída pela passagem do material detrítico.



**Foto 8-18. Estação de Captação e Bombeamento de água no rio Gualaxo do Norte, situada cerca de 400 m a jusante da foz do córrego Santarém. Ao fundo, a vila de Bento Rodrigues.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

Este trecho se caracteriza pela passagem do fluxo de material detrítico a alturas significativas das encostas que formam os vales fechados, variando de 20 a 30 m, com a remoção da vegetação arbórea nativa e de toda a camada de solo, com a exposição do substrato rochoso, conforme se pode observar na **Foto 8-19**.



**Foto 8-19. Segmento do rio Gualaxo do Norte em vale encaixado, com remoção total da vegetação e exposição do substrato rochoso.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

A **Foto 8-20** mostra a situação da área no entorno da Estação de Bombeamento da Samarco, destacando a parte da vertente que sofreu erosão até a exposição do

substrato rochoso, e a recuperação natural da cobertura vegetal. A **Foto 8-21** destaca a turbidez e a cor aparente das águas do rio Gualaxo do Norte, poucos quilômetros abaixo do ponto mostrado na **Foto 8-13**.



**Foto 8-20. Trecho 7 do rio Gualaxo do Norte, junto à Estação de Bombeamento da Samarco. Notar o nível alcançado pelo fluxo de material detrítico e a regeneração natural da vegetação.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-21. Mesmo Setor 7. Notar a turbidez e cor aparente das águas, muito mais acentuadas do que no início do trecho afetado pelo evento de novembro de 2015.**

Fonte: CH2M, Março/2017

#### 8.3.2.3 Trecho 8: PCH Bicas. Rio Gualaxo do Norte. Extensão: 9 km.

Este trecho se inicia no limite do Trecho 7 e se estende por 9 km rio abaixo. A Pequena Central Hidrelétrica Bicas está situada neste trecho.

A característica que marca este Trecho é a presença de um vale em V ainda fechado, porém não tão restrito como no Trecho 7, e a ausência de planícies

aluvionares conspícuas, ainda que ocorram setores da baixa vertente com declividade suave, de modo que o fluxo de material detrítico alcançou alturas significativas na base das vertentes dos vales – até 15 m, porém sem energia suficiente para remover as camadas de solo, restringindo-se à remoção da vegetação de mata nativa, antes predominante nesses locais, conforme **Foto 8-22**.

Material detrítico foi depositado sobre as vertentes e sobre os setores suavizados das baixas vertentes, conforme **Foto 8-22**. Onde as árvores não foram removidas pela passagem do fluxo, a deposição de material detrítico termina por resultar da morte das mesmas, sendo este um impacto recorrente neste Trecho 8, assim como no Trecho 6.

As planícies aluvionares, embora restritas, estão presentes e sofreram remoção total de sua vegetação de cobertura e deposição do material detrítico, formando camadas com espessuras em torno de 50 cm. Também a calha fluvial sofreu deposição, como se pode notar nas fotos a seguir.

O processo de remobilização desses materiais sedimentados na calha fluvial é notado desde o início do Trecho 6 e prossegue por este Trecho, elevando a turbidez e a cor aparente das águas e resultando na concentração de óxidos de ferro, os quais, por possuírem maior densidade que o quartzo, sofrem menor transporte pela água.



**Foto 8-22. Trecho 8, destacando com vale em V e a base das vertentes com remoção da vegetação, deposição do material detrítico e a morte das árvores que não foram removidas pelo fluxo de material durante o evento.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

Como a calha fluvial possui uma largura mais generosa neste trecho, com dimensões em torno de 20 metros, observa-se a formação de bancos arenosos no leito do rio devido ao aporte e remobilização dos materiais detríticos originários do evento, conforme **Foto 8-23** a **Foto 8-31**.

Em parte dos setores de relevo mais suavizado, onde houve uma deposição mais significativa de material detrítico, obras de drenagem superficial e de controle da erosão por cobertura vegetal já foram implementadas **Foto 8-23**.



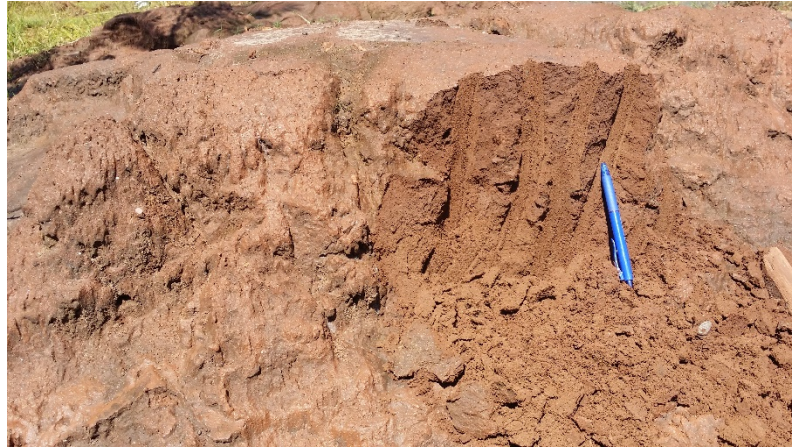
**Foto 8-23. Notar bancos arenosos na calha fluvial e as obras de drenagem e controle de erosão implantadas em alguns setores neste Trecho.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-24. Trecho 8, com obras de estabilização de margens. Notar alta turbidez das águas e pequena profundidade da lâmina d'água.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-25. Detalhe do depósito de material detrítico próximo à tomada d'água da PCH Bicas. Textura essencialmente arenosa, com teor menor de finos. Baixa coesão e alta erodibilidade.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-26. Ao fundo, a PCH Bicas. Defronte à antiga Casa de Força da PCH, observa-se um banco arenoso que já existia antes do evento, porém estava recoberto por vegetação nativa.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-27. Setor do Trecho 8 a jusante da PCH Bicas, não abrangido pelas obras emergenciais, mas com recuperação importante da vegetação sobre os depósitos de encostas e de planícies por regeneração natural.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-28. Notar depósito de material detrítico na planície aluvionar, com espessura em torno de 60 cm, e depósito de calha com concentração de óxidos de ferro, na margem do rio Gualaxo do Norte, junto à barragem da PCH Bicas.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-29. Detalhe da concentração de óxidos de ferro nos depósitos de calha pela remobilização dos finos em suspensão e dos grãos de quartzo por arraste.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-30. Outra vista do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 8, evidenciando o vale em V e a presença de bancos arenosos na calha fluvial.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-31. Planície aluvionar junto à margem esquerda do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 8, com regeneração da vegetação, após a remoção total da cobertura vegetal pela passagem do fluxo de material detrítico.**

Fonte: CH2M, Março/2017

#### 8.3.2.4 Trecho 9: Médio e Baixo Gualaxo do Norte. Extensão: 58 km.

Este trecho se caracteriza por um vale em forma de V truncado, marcado pela presença de terraços aluvionares elevados a poucos metros acima da calha fluvial, de largura variável, comumente em torno de 100 metros, mas podendo ultrapassar 200

m, especialmente na confluência dos tributários do rio Gualaxo do Norte, conforme **Foto 8-32**.

Tais terraços não são mais afetados pelas inundações sazonais e, em consequência, eram explorados economicamente como pastagem para o gado e, secundariamente, para cultivos anuais.

Uma feição relativamente comum nesses terraços era constituída por pequenas lagoas, resultantes de antigas operações de garimpo dos séculos XVIII e XIX, há muito desativadas e que haviam se transformado em importantes habitats da fauna aquática, assumindo funções equivalentes às lagoas marginais naturais. Essas lagoas foram completamente devastadas pela passagem do fluxo de material detrítico, restando parcialmente assoreadas, de modo que não mais interceptam o lençol freático e nem são alimentadas pelo rio Gualaxo do Norte ou por seus tributários, de forma que, apesar de ainda se configurarem como depressões, não mais formam acumulações de água, conforme **Foto 8-33** e **Foto 8-34**.



**Foto 8-32. Aspecto dos terraços aluvionares e da deposição dos materiais detríticos.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-33. Lagoas próximas à margem do rio Gualaxo do Norte e interligadas a este, com função de lagoas marginais.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-34. Mesma lagoa indicada na foto anterior, após a passagem do fluxo de material detrítico, apresentando-se completamente seca.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

Também algumas aglomerações urbanas se estabeleceram, ao menos parcialmente, em terrenos constituídos por antigos terraços aluvionares, como Paracatu e Gesteira. Ambos os distritos foram severamente afetados pelo fluxo de materiais detríticos, que atingiu, em certos locais, até 5 metros de altura, conforme **Foto 8-35**.

A camada de material detrítico depositada, no entanto, tem espessuras que raramente ultrapassam 1 metro.



**Foto 8-35. Capela de Santo Antônio, em Paracatu, evidenciando a altura de inundação, com altura em torno de 5 metros.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-36. Capela de Santo Antônio, em Paracatu, em obras de restauração.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-37. Depósito de material detrítico junto à Capela de Santo Antônio, com cerca de 1 m de espessura.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-38. Aspecto geral do distrito de Paracatu. Ao fundo, o depósito de material detrítico chegando à altura do parapeito das janelas.**

Fonte: CH2M, Março/2017

A maior largura da seção por onde se deslocou o fluxo de material detrítico fez com que a base das vertentes deixasse, paulatinamente, de ser afetada, ficando a inundação restrita à área de ocorrência dos terraços e planícies aluvionares. Nos trechos do rio ao longo das planícies aluvionares é recorrente o fenômeno do solapamento das margens por erosão fluvial. Entretanto, trata-se de fenômeno natural próprio de rios com esta configuração, onde o canal fluvial tende a migrar lateralmente, definindo uma margem erosiva na parte externa das curvas e uma margem deposicional na sua parte. A grande maioria dos pontos onde ele é observado atualmente já se desenvolvia antes da ocorrência do evento, podendo ser atribuído a um processo de evolução natural da dinâmica fluvial.

Alguma potencialização deste processo pode ser identificada e atribuída à deposição dos materiais detríticos na calha fluvial, com a consequente restrição da seção molhada e a busca de uma compensação por expansão lateral da calha.

A **Foto 8-39** apresenta o solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos na parte externa de uma curva do rio Gualaxo do Norte, em margem erosiva, processo este já existente antes da passagem do fluxo de material detrítico decorrente do evento de 5 de novembro de 2015.



**Foto 8-39. Solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos na parte externa da curva do rio Gualaxo**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-40. Solapamento de margem em camada de sedimentos aluvionares arenosos com depósito de material detrítico sobreposto, a jusante de Gesteira.**

Fonte: CH2M, Março/2017

As planícies aluvionares são formadas a montante de estrangulamentos do vale, expressas na forma de gargantas ou vales estreitos – **Foto 8-41** – que definem

um nível de base local. Desta forma, o vale do rio Gualaxo do Norte, neste Trecho 9, pode ser definido como uma sucessão de planícies aluvionares, isoladas umas das outras por segmentos constituídos por vales estreitos, com leito predominantemente rochoso e águas rápidas decorrentes do gradiente hidráulico elevado.



**Foto 8-41. Típico estreitamento de vale, em garganta, separando planícies aluvionares ao longo do rio Gualaxo do Norte, no Trecho 9.**

Fonte: CH2M, Março/2017

Com a maior expressão de terrenos aplainados, nos terraços fluviais também a deposição dos materiais detríticos ocorreu de forma mais significativa, como atestam nas **Foto 8-44** à **Foto 8-47**. A grande maioria das áreas com tais características foi objeto de ações de drenagem pluvial e de controle da erosão por meio da implantação de cobertura vegetal de herbáceas e gramíneas conforme **Foto 8-49**.

Em uma das áreas, onde se formou um depósito de material detrítico, já se observa o plantio de cultura anual, como o milho, conforme **Foto 8-42** e **Foto 8-42**. Nota-se um aparente bom desenvolvimento das plantas. No entanto, pode-se notar que em parte do terreno, notadamente onde houve maior concentração do escoamento superficial, ocorreu uma erosão laminar intensa, possivelmente decorrente da textura essencialmente arenosa e da compactação do material, que dificulta a infiltração das águas e potencializa o escoamento.



**Foto 8-42. Plantio de milho em área de depósito de material detrítico. Notar concentração de óxidos de ferro na superfície do terreno, pela erosão laminar.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-43. Detalhe da foto anterior. Solos compactado, evidenciado pela certa dificuldade na escavação.**

Fonte: CH2M, Março/2017

No canal fluvial se observa a presença de leito arenoso móvel com o deslocamento contínuo dos detritos arenosos na forma de bancos, conforme **Foto 8-50**.



**Foto 8-44. Material detrítico depositado junto às margens do rio Gualaxo do Norte.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-45. Deposição de material detrítico arenoso, muito suscetível à erosão, sobre os terramos aluvionares elevados.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-46. Banco arenoso formado na parte interna de uma curva do rio Gualaxo do Norte, Trecho 9.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

A mesma atividade de garimpo que gerou lagoas que exerciam a função de lagoas marginais, possivelmente desfigurou os diques marginais, elemento geralmente presente junto às planícies inundações e que não são identificadas na paisagem pós-evento e nem mesmo nas imagens de satélite anteriores ao evento. Por serem constituídas por sedimentos mais grosseiros em relação aos sedimentos mais finos depositados nas planícies aluvionares, muito provavelmente tais diques marginais foram explorados e desfigurados nas primeiras fases da mineração de ouro, há mais de 200 anos. Mesmo algumas planícies aluvionares apresentam indícios de completa remobilização dos sedimentos, atividade que terminou por produzir taludes verticais na transição para as vertentes adjacentes, conforme se pode observar na **Foto 8-47**.



**Foto 8-47. Planície aluvionar afetada pelo fluxo de materiais detríticos, formando um depósito extenso. O talude que limita tal planície junto à base da vertente indica que foi provavelmente explorada pelas antigas atividades de garimpo.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-48. Mesma planície aluvionar da foto anterior – à direita da foto – já recuperada por obras de drenagem e cobertura vegetal de proteção contra a erosão.**

Fonte: CH2M, Março/2017



**Foto 8-49. Obras de drenagem e controle de erosão em terraço aluvionar próximo a Paracatu – ao fundo.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-50. Bancos arenosos na calha fluvial, nas proximidades do final do Trecho 9.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

A observação deste Trecho 9, em toda a sua longa extensão, parece indicar uma tendência de que há um grande volume excedente de material detrítico em sua calha e que o rio Gualaxo do Norte, na busca de um perfil de equilíbrio, se manterá francamente erosivo por um certo tempo, isto é, “exportando” material detrítico, agora já conceituado como sedimentos e descarregados no rio do Carmo, conforme se observa na **Foto 8-51**, até que alcance novamente o equilíbrio entre erosão e sedimentação.

Reforça esta conclusão o fato de que ainda há um volume incerto de material detrítico que dificilmente poderá ser estabilizado ou removido, como aquele presente nas vertentes mais declivosas, os quais paulatinamente serão carreados para a calha do rio Gualaxo do Norte e daí para o rio do Carmo, em vista da ausência de dispositivos naturais de retenção desses sedimentos ao longo de todo este Trecho 9.



**Foto 8-51. Final do Trecho 9 - Foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo. Nota-se a carga de sedimentos em suspensão nas águas do Gualaxo, em relação ao rio do Carmo. Na margem oposta, a cidade de Barra Longa.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-52. Foz do rio Gualaxo do Norte no rio do Carmo destacando o contraste de turbidez e cor aparente entre estes dois corpos d'água.**

Fonte: CH2M, Março/2017

### 8.3.2.5 Trecho 10: Rio do Carmo e Rio Doce, até o Remanso do Reservatório de Candonga. Extensão: 25 km.

O Trecho 10 é constituído pelo rio do Carmo, desde a foz do rio Gualaxo do Norte até a confluência com o rio Piranga, quando formam o rio Doce.

Ainda que constitua um canal maior em comparação do seu afluente, a chegada de fluxo de material detrítico provocou uma onda de cheia que ocupou toda a planície de inundação e os terraços aluvionares mais elevados, os quais raramente são alcançados por inundações, mesmo aquelas com maior tempo de recorrência, conforme **Foto 8-53**.

Como resultado, as áreas mais baixas da cidade de Barra Longa e das demais ocupações lindeiras ao rio do Carmo foram afetadas pela inundação e pela deposição de material detrítico, conforme **Foto 8-54**.

As obras de recuperação da cidade também abrangeram ações de estabilização de trechos das margens do rio do Carmo, com obras como enrocamentos para proteção das margens, conforme **Foto 8-55**. Tais ações, no entanto, não estão relacionadas a processos desencadeados pelo evento, mas à dinâmica natural própria da evolução dos canais fluviais.



**Foto 8-53. Terraço aluvionar elevado, já recuperado. Na margem, solapamento por erosão fluvial e banco arenoso na calha do rio do Carmo.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-54. Áreas baixas da cidade de Barra Longa com deposição de material detrítico, já removidas. Ao fundo, a foz do rio Gualaxo do Norte.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-55. Enrocamento para estabilização de trechos das margens do rio do Carmo junto à cidade de Barra Longa. Notar os bancos arenosos na calha fluvial.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo

Já os bancos arenosos presentes na calha do rio do Carmo e característicos deste trecho parecem estar diretamente relacionados tanto à deposição direta a partir do fluxo de material detrítico no evento de 5 de novembro de 2015, como ao aporte constante dos sedimentos remobilizados pelo rio Gualaxo do Norte, no denominado Trecho 9.

Os bancos se formam tanto em trechos de leito arenoso, conforme **Foto 8-56**, como sobre trechos em leito rochoso, conforme **Foto 8-57**. Nesta situação em especial, configura-se um quadro de estabilidade temporária, pois tais materiais serão remobilizados durante os eventos de cheia e serão depositados em trechos de leito arenoso, alimentando outros bancos a jusante.



**Foto 8-56. Bancos arenosos no leito do rio do Carmo, com a cor acinzentada característica da origem nos rejeitos da barragem de Fundão mobilizados no evento de 5 de novembro de 2015.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-57. Leito rochoso do rio do Carmo obliterados pela deposição de sedimentos associados aos materiais detríticos mobilizados pelo evento de ruptura da barragem de Fundão.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

#### 8.3.2.6 Trecho 11: Rio Doce, até o Remanso do Reservatório de Candonga.

*Extensão: 5,8 km.*

O Trecho 11 é constituído pelo rio Doce, desde o seu nascimento, na confluência dos rios do Carmo e Piranga, até o remanso do reservatório da UHE Candonga.

Após a junção dos rios do Carmo e Piranga, formando o rio Doce, conforme **Foto 8-58** e **Foto 8-60**, o fluxo de material detrítico não extrapolou as calhas fluviais, mas é flagrante a formação de bancos arenosos que, mesmo existentes previamente ao evento, estão evidentemente acrescidos pela deposição deste material, conforme **Foto 8-64**.

Também se observa recorrentemente a formação de depósitos arenosos sobre os vários trechos de leito rochoso, conforme **Foto 8-65**, claramente relacionados à deposição a partir da passagem do fluxo de materiais detríticos originários do evento de 5 de novembro de 2015.



**Foto 8-58. Confluência dos rios do Carmo – águas turvas - e Piranga, formando o rio Doce.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-59. Detalhe do contraste das águas do rio do Carmo, à esquerda, e do rio Piranga, na formação do rio Doce.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-60. Bancos arenosos do trecho do Rio Doce, a montante do remanso do reservatório de Candonga.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-61. Depósitos arenosos sobre leito rochoso, no trecho do Rio Doce, a montante do remanso do reservatório de Candonga.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos

### 8.3.3 ÁREA 3: RESERVATÓRIO DE CANDONGA, UHE RISOLETA NEVES

No reservatório de Candonga foram depositados aproximadamente 10,5 milhões de metros cúbicos de material detrítico. A setorização desta estrutura justifica-se pelo grande impacto ocorrido no local e o volume de obras de recuperação em andamento. As atividades em Candonga são objeto de um Plano específico e parte do material depositado está sendo removido (dragado) de modo a permitir a retomada das operações de geração de energia.

Esta área coincide integralmente com o Trecho 12, a seguir descrito.

#### 8.3.3.1 Trecho 12: Reservatório de Candonga, UHE Risoleta Neves. Extensão: 11 km.

O reservatório de Candonga, implantado para a geração de energia elétrica e com potência instalada de 140 MW e 64,5 MW médios, possui uma área de 2,86 km<sup>2</sup>, volume de reservatório de 54,5 milhões de m<sup>3</sup> e opera a fio d'água. Iniciou suas operações em setembro de 2004.

Estima-se que aproximadamente 10,5 Mm<sup>3</sup> do material detrítico mobilizado no evento tenham sido retidos neste reservatório, o que certamente evitou impactos significativos a jusante.

Análises granulométricas de amostras dos materiais depositados no reservatório de Candonga (SAENCO. 2016, ALLONDA, Ambiental. 2016) indicam a ampla predominância da fração silte entre 65 e 85% em peso, seguida da fração argila entre 10 e 20% em peso, e da fração areia fina entre 5 e 20% em peso. Não se constata a presença de areia média ou grossa.

Isso significa que os materiais que ultrapassaram a barragem de Candonga e seguiram para jusante devem ser constituídos essencialmente pela fração argilosa em suspensão e fração coloidal, o que implica grande capacidade de alcance para o deslocamento desses materiais, pois a sua decantação depende de condições muito estritas do corpo d'água, como fluxo laminar, baixa velocidade e grande tempo de residência, dentre outras.

Os materiais depositados no reservatório de Candonga são objeto de um plano específico e sua remoção já está em marcha, tendo se iniciado pelo trecho mais próximo à barragem, de modo a permitir a retomada das operações de geração de energia.

No trecho inicial do reservatório - remanso - o fluxo de materiais detríticos provocou a escavação dos sedimentos anteriormente depositados, expondo-se o leito rochoso com o rebaixamento do seu nível d'água do reservatório, conforme se apresenta atualmente **Foto 8-62**.

A **Foto 8-63** mostra um trecho do remanso do reservatório de Candonga exposto pelo rebaixamento do nível d'água, com leito rochoso onde o material detrítico depositado pelo evento já foi, em grande parte, removido após duas estações chuvosas, restando apenas pequenos depósitos em nichos e reentrâncias.

A **Foto 8-64** e a **Foto 8-65** ilustram a situação do reservatório de Candonga e as operações iniciais de dragagem dos materiais retidos.



**Foto 8-62. Trecho inicial do reservatório de Candonga, com exposição do leito rochoso devido ao rebaixamento do seu nível d'água para permitir as ações de dragagem e implantação de barreiras.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevoos



**Foto 8-63. Trecho em leito rochoso onde o material detrítico já foi removido pelas cheias naturais posteriores ao evento.**

Fonte: CH2M, março/2017



**Foto 8-64. Corpo central do reservatório de Candonga, com a exposição dos sedimentos depositados pelo fluxo de material detrítico.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-65. Barragem do reservatório de Candonga. Ao fundo, as operações iniciais de dragagem dos materiais depositados no evento, no setor mais próximo à barragem.**

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2016 – Sobrevo



**Foto 8-66. Barragem do reservatório de Candonga visto de montante, com nível d'água na cota 312 m. Ao fundo uma das duas dragas em operação e em primeiro plano, sombra do Barramento A, em implantação.**

Fonte: CH2M, Março/2017

#### 8.3.4 ÁREA 4: IMPACTOS NA CALHADA DO RIO DOCE

A jusante do Reservatório de Candonga, o fluxo de detritos foi fisicamente acomodado ao canal do Rio Doce. O acréscimo de vazão decorrente do evento, a partir deste Trecho, não foi suficiente para fazer o rio Doce extrapolar o seu leito normal e afetar as planícies aluvionares adjacentes. Assim, a deposição dos materiais transportados neste trecho ocorreu quase que exclusivamente em seu leito normal, encobrendo momentaneamente bancos arenosos emersos.

Considerando, no entanto, que a análise aqui apresentada não abrangeu um levantamento primário pormenorizado e que uma verificação de campo deverá ser realizada na etapa de aplicação do Plano de Manejo do Rejeito, áreas afetadas para além da calha do rio Doce poderão ser identificadas e acrescidas como área impactada pela deposição dos rejeitos.

Neste trecho inclui-se as seguintes áreas de interesse:

- Parque Estadual do Rio Doce;
- UHE Baguari, UHE Aimorés e UHE Mascarenhas;
- Lagoas situados junto à foz do Rio Doce.

Os trechos compreendidos na Área 4 são apresentados a seguir:

#### 8.3.4.1 Trecho 13: rio Doce, da barragem de Candonga até a barragem Baguari.

*Extensão: 220 km.*

Neste trecho o fluxo de material detrítico teria mudado substancialmente de características, uma vez que grande parte da fração sedimentável já havia sido depositada ao longo do trajeto e no reservatório de Candonga, Trecho 12, foi retido um grande volume, especialmente a fração areno-siltosa deste material.

Além disso, a Acréscimo de vazão decorrente do evento a partir deste Trecho não foi suficiente para fazer o rio Doce extrapolar o seu leito normal. Assim, a deposição dos materiais transportados neste trecho ocorreu quase que exclusivamente em seu leito normal, no máximo encobrendo momentaneamente bancos arenosos emersos e, eventualmente, baixios localizado fora do canal do rio Doce, mas rebaixados o suficiente para serem afetados pela passagem da cheia contendo os rejeitos.

Efetivamente, uma análise das imagens multitemporais disponíveis no site Google Earth permite concluir com grande precisão que praticamente todos os bancos arenosos presentes atualmente neste Trecho 12 já ocorriam antes do evento de 5 de novembro de 2015, a menos de um setor mais próximo à barragem de Candonga, a uma distância de até 15 km, onde se pode observar a formação de bancos de sedimentos que podem ser constituídos, ao menos em parte, pelos rejeitos oriundos da ruptura da barragem de Fundão.

Entretanto, após este setor inicial, os bancos observados após o evento são os mesmos identificados previamente, podendo ser verificada alguma mobilização e uma flagrante alteração na coloração acinzentada que os reveste nas imagens mais recentes – segundo semestre de 2016 –, indicando a deposição de fina camada de materiais associados ao evento, constituída por óxidos de ferro em fração muito fina.

A **Foto 8-67** e a **Foto 8-68** a seguir ilustram a anterioridade dos bancos arenosos em relação ao evento de 5 de novembro de 2015.

A efetiva espessura e composição dos materiais que recobrem os bancos arenosos neste Trecho devem ainda ser verificadas de modo a embasar qualquer decisão pela sua remoção ou permanência nos locais atuais.

Neste Trecho 13 o rio Doce passa pelo Parque Estadual do Rio Doce, unidade de conservação que tem como uma de suas características peculiares a presença de

inúmeras lagoas preservadas em meio à vegetação nativa. As lagoas também ocorrem fora dos limites do Parque.

No entanto, tais corpos d'água representam a interceptação do nível freático regional pela topografia atual, sem necessariamente implicar qualquer ligação destes com os cursos d'água próximos, de modo que essas lagoas têm uma existência autônoma, independente do aporte ou da descarga de suas águas pelos rios e córregos.



**Foto 8-67. Bancos arenosos antes da passagem do fluxo de materiais provenientes do evento de 5 de novembro de 2015.**

Fonte: Google Earth, imagem de 24 de agosto 2014.



**Foto 8-68. Mesmos bancos, depois da passagem do fluxo de materiais provenientes do evento de 5 de novembro de 2015. Notar a manutenção da posição e das dimensões aproximadas. Apenas a cor aparente da superfície dos bancos adquire um tom acinzentado.**

Fonte: Google Earth, imagem de 7 de abril 2016.

Deste modo, tais lagoas não se enquadram no conceito de lagoas marginais, as quais, necessariamente, em algum período do ano, geralmente durante os períodos de cheia, são interligadas aos rios adjacentes, formando com estes um ecossistema mais complexo e interdependente quanto ao suporte à vida aquática.

Por meio da imagem na **Foto 8-69** abaixo não é possível identificar a existência da ligação entre o rio Doce com águas turvas (imagem de 15 de julho de 2016) e uma dessas lagoas, situada nas proximidades da cidade de Revés do Belém.



**Foto 8-69. Lagoa no interior do Parque Estadual do Rio Doce, evidenciando a ausência de ligação com o rio Doce.**

Fonte: Google Earth, imagem de 15 de julho 2016.

#### 8.3.4.2 Trecho 14: rio Doce, da barragem de Baguari até a barragem de Mascarenhas. Extensão: 180 km.

Este trecho do rio Doce se caracteriza por um leito predominantemente rochoso, mas com a presença de bancos arenosos, em número bem menor do que no Trecho 13.

Tais bancos arenosos, da mesma forma que no Trecho 13, também não sofreram quaisquer interferências da passagem do fluxo de materiais detríticos associados ao evento de 5 de novembro de 2015 em termos da criação de novos bancos ou de deslocamento dos já existentes. Muito provavelmente uma fina camada de materiais muito finos se depositou sobre tais bancos, porém sem alterar a sua forma ou dimensões. Esta conclusão foi resultado da observação de imagens multitemporais disponíveis no aplicativo Google Earth, que possui registros anteriores e imediatamente posteriores ao evento de 5 de novembro de 2015.

Uma avaliação mais pormenorizada e com base em levantamentos de campo poderá confirmar ou alterar essas conclusões. Entretanto, não se espera a presença de depósitos de rejeitos em dimensões relevantes e que permitam viabilizar eventuais remoções, considerando especialmente a textura essencialmente fina dos rejeitos

transportados e a alta velocidade das águas, já que se trata de trechos com leito rochoso, onde as águas circulam a velocidades mais elevadas e com alta capacidade de transporte, reduzindo a possibilidade de decantação dos rejeitos em suspensão.

Nos segmentos de leito rochoso, não foi possível verificar alterações decorrentes da passagem do fluxo de material detrítico gerado pelo evento, mas é possível que tenha havido a formação de fina camada de material argiloso ou mesmo coloidal a partir da deposição dos materiais transportados.

As fotos a seguir ilustram um trecho de leito rochoso antes e depois da passagem da onda de cheia de novembro de 2015, mostrando a alta similaridade morfológica dos bancos de sedimentos. Abaixo as coordenadas aproximadas da área apresentada nas fotos:

- Latitude: 19°11'57.14"S
- Longitude: 41°24'0.93"O

O final deste Trecho é constituído pelo reservatório da Barragem de Aimorés, que toma uma parte do próprio rio Doce, mas na porção mais próxima à barragem é formado por um desvio através de um canal artificial que interliga o rio Doce a um vale paralelo a ele, o que define um Trecho de Vazão Reduzida – TVR – de aproximadamente 10 km de extensão no próprio rio Doce.

Neste TVR, durante grande parte do ano a vazão é escoada por um canal estreito e mais profundo, expondo em grande parte o leito rochoso, que permanece seco, formando pequenas depressões que eventualmente acumulam águas, sem, no entanto, constituírem lagoas, na acepção do termo e, muito menos, lagoas marginais, uma vez que estão situadas no leito estrito do rio Doce.

Nos períodos de cheias, este leito é tomado temporariamente pelas águas do rio Doce e, na passagem da onda de cheia resultante da ruptura da Barragem de Fundão, foi efetivamente inundado, devendo ter formado depósitos de rejeitos, os quais poderão ser verificados na aplicação do Plano de Manejo de Rejeito específico para o trecho, que deverá, ainda, avaliar a viabilidade ou a necessidade de sua remoção.

Logo a jusante do TVR da barragem de Aimorés se encontra o reservatório da Barragem de Mascarenhas, este inteiramente formado no próprio rio Doce, com uma

extensão total aproximada de pouco mais de 11 km. Como forma um ambiente lântico, certamente propiciou a deposição de rejeitos cuja espessura e volume deverão ser avaliados na aplicação deste Plano de Manejo de Rejeito por meio de sondagens com amostradores que permitam a perfilagem.



**Foto 8-70. Leito rochoso do rio Doce, parcialmente cobertos por bancos de areia, em agosto de 2014, antes do evento. Entre Conselheiro Pena e Penha do Norte**

Fonte: Google Earth, imagem de 1 de agosto 2014.



**Foto 8-71. Leito rochoso com a mesma configuração de bancos de areia recobrimo-o parcialmente, em imagem de 3 meses após o evento. Entre Conselheiro Pena e Penha do Norte**

Fonte: Google Earth, imagem de 9 de Fevereiro 2014.

### 8.3.4.3 Trecho 15: Rio Doce, da barragem Mascarenhas até a cidade de Linhares.

*Extensão: 100 km.*

Neste trecho o rio Doce passa a ter o seu canal se desenvolvendo em leito arenoso, o qual adquire grande mobilidade a partir de 25 km a jusante de Colatina, quando adentra ao seu delta.

Da mesma forma que no Trecho 13, os bancos arenosos presentes atualmente são os mesmos já existentes antes do evento, conforme ilustra a **Foto 8-72** e a **Foto 8-73**, a seguir.



**Foto 8-72. Bancos arenosos no leito do rio Doce defronte a Colatina, antes do evento, com rio em nível baixo – período de estiagem.**

Fonte: Google Earth, imagem de 9 de julho 2014.



**Foto 8-73. Mesmos bancos arenosos, em imagem de 4 meses após o evento, com o nível do rio pouco acima – final do período chuvoso – com a mesma configuração anterior.**

Fonte: Google Earth, imagem de 11 de março 2016.

Neste trecho, considerando que os materiais mobilizados a partir do evento de 5 de novembro de 2015 se constituíam basicamente da fração fina, argilosa, em suspensão e da fração coloidal, admite-se que a deposição sobre as áreas afetadas podem ter formado uma delgada camada sobre os bancos arenosos. Essas áreas, que se restringem ao leito normal do rio Doce, já teriam sido recobertas e/ou retrabalhadas pela constante remobilização desses materiais. Esta conclusão deverá ser verificada em campo durante a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito.

#### 8.3.4.4 Trecho 16: Rio Doce, da cidade de Linhares até a sua foz. Extensão: 42 km.

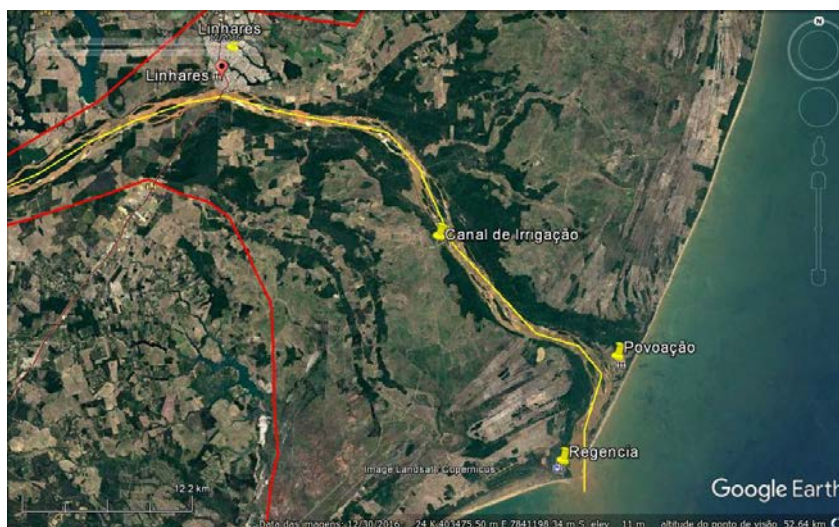
Este trecho se caracteriza pela baixa energia do rio, decorrente da redução do gradiente hidráulico por estar situado em pleno delta, o que resulta em aumento significativo da sua largura média, que passa da ordem de 500 m para cerca de 1 km.

O fluxo do material mobilizado pelo evento de 5 de novembro de 2015 atingiu os trechos finais como uma “enchente suja”, depositando fina camada de material argiloso transportado em suspensão e tingindo os bancos arenosos e margens do rio, majoritariamente recobertas pela vegetação, a qual não constitui um manguezal por se tratar de águas doces, mas é grande importância como habitat e como berçário de várias espécies de peixes e crustáceos.

Nesse Trecho é possível identificar a existência de lagoas situadas além da planície de inundação. A passagem da onda de cheia resultante da ruptura da barragem de Fundão não alcançou uma altura suficiente para afetar essas lagoas.

Entretanto, nos meses seguintes, com a evolução das cheias sazonais e com o rio Doce ainda carreando rejeitos em suspensão que lhe conferiam elevada turbidez e cor aparente alaranjada, houve comunicação entre as águas do rio Doce e de algumas lagoas, destacando-se as denominadas lagoas do Pandolfi e Areal, na margem direita, e Nova e Monsarás, na margem esquerda, sendo esta última afetada também pela comunicação com o mar, resultante da execução de uma abertura artificial da barra que a mantinha isolada do oceano.

Estas áreas serão verificadas durante a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito de modo a se avaliar possíveis intervenções sobre os materiais ali depositados, especialmente nos canais que fazem a ligação entre tais lagoas e o rio Doce.



**Foto 8-74. Trecho final do rio Doce – Trecho 16**

Fonte: Google Earth, imagem de 30/dez/2016.

### 8.3.5 ÁREA5: ZONA MARINHA COSTEIRA/TRECHO 17

Setor que compreende a área impactada pela pluma de turbidez decorrente do aporte de sedimentos finos em suspensão e em forma coloidal, podendo alcançar mais de 15 km na direção sudeste. Na fase de aplicação do Plano de Manejo de Rejeito, estudos complementares serão realizados visando caracterizar a deposição dos rejeitos neste Trecho.



**Foto 8-75 Área 5/Trecho 17: área afetada pela pluma de turbidez do rio Doce.**

Fonte: Google Earth, imagem de 30 de dezembro 2016.

### 8.3.6 OUTRAS ÁREAS

Conforme discussões durante o *Workshop* do Manejo do Rejeito, as tratativas envolvendo UHE Risoleta Neves (Candonga) e Bento Rodrigues foram abordadas separadamente. De forma geral, foi apontado que essas 2 áreas devem ter Planos de Manejo específicos alinhados o Plano de Manejo de Rejeito Geral.

Com relação à Candonga, foi elaborado o Plano de Trabalho UHE Risoleta Neves – Candonga, de abril de 2017, que visa a recuperação socioambiental e socioeconômica do Reservatório. Esse documento foi elaborado pela Fundação Renova e encontra-se no **Anexo VI**.

Com relação a Bento Rodrigues, em 31/01/2017, a Samarco e a FUNDAÇÃO entregaram na SEMAD uma proposta de *Plano de Trabalho para a Definição do Uso e Ocupação Futuro da região de Bento Rodrigues (Anexo III)*, tendo sido ajustado após avaliação dos órgãos ambientais e apresentado novamente à SEMAD, ao CIF e à CT-Rejeitos em 20/07/2017.

## 8.4 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para fins de tomada de decisão quanto ao gerenciamento dos rejeitos atualmente depositados nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, devem-se avaliar as potenciais questões associadas à presença desse material no

ambiente (i.e., fora das instalações da Samarco). Ressalta-se que tais questões não estão relacionadas ao evento do rompimento da barragem, mas sim à condição posterior, na qual há presença de rejeitos no ambiente. Além disto, precisam ser considerados os impactos atuais decorrentes do evento principal (i.e., a ruptura da barragem do Fundão no mês de novembro de 2015) e/ou de eventos posteriores ao evento principal (ex.: a segunda época chuvosa após o evento principal).

Os objetivos do Plano de Manejo de Rejeito, em termos de possíveis ações, são definidos como segue (Seção 2):

- Mitigação dos riscos futuros decorrentes da presença dos rejeitos no meio ambiente;
- Recuperação das áreas impactadas pelos eventos ocorridos no passado; e
- Incorporação de melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas.

O risco é a probabilidade de perigo, com ameaça física para o homem e/ou para o meio ambiente. Ou seja, o risco sempre se refere a um perigo no futuro, dentro de um cenário de exposição atual. Diferente do risco, o impacto é o efeito atual de um evento que ocorreu no passado.

A análise dos riscos e impactos leva à definição dos objetivos específicos do manejo. Porém, os níveis de risco e níveis de impacto variam no espaço e no tempo. Portanto, a área de estudo é subdividida baseada na geomorfologia, junto com outros aspectos, como tipo de vegetação e uso do solo. Há três níveis de divisão territorial utilizados neste Plano para a definição dos objetivos específicos:

- *Trecho* – uma divisão na escala macro, utilizando o conceito de *ottobacias*;
- *Contexto* – um conjunto de áreas com características similares; e
- *Unidade de Análise* – uma divisão na escala micro, que apresenta particularidades quanto às ações de manejo propostas.

Os objetivos específicos do manejo de rejeitos são sempre definidos por trecho, por contexto e/ou por unidade de análise, envolvendo as seguintes questões:

- Questões socioeconômicas;
- Questões físicas;

- Questões químicas; e
- Questões biológicas.

Durante a aplicação do plano para cada um dos trechos, a identificação dos objetivos específicos deverá ser justificada tecnicamente conforme a caracterização realizada para cada um dos contextos, uma vez que o objetivo específico definido irá influenciar de maneira direta a escolha da alternativa de manejo.

A **Tabela 8-1** lista os principais riscos e impactos, subdivididos entre questões socioeconômicas, químicas, físicas, biológicas e específicas.

**Tabela 8-1. Avaliação dos potenciais riscos futuros decorrentes da presença de rejeitos e de impactos decorrentes de eventos no passado.**

Questões	Itens	Exemplos de características
<i>Socioeconômicas</i>	Alterações paisagísticas	Presença do rejeito resulta em alteração do bem-estar das pessoas que utilizam as áreas afetadas a níveis não aceitáveis por essas pessoas
	Restrições de acesso	Presença do rejeito restringe o acesso de pessoas e criações a áreas de interesse
	Restrições de uso e ocupação do solo	Presença do rejeito inviabiliza o uso e ocupação do solo que era verificado anteriormente ao rompimento da barragem de Fundão
	Restrições de uso de estruturas existentes	Presença de rejeito em estruturas existentes inviabiliza o seu uso (e.g., a geração de energia)
<i>Físicas</i>	Alterações de regimes hidrológicos ou condições hidráulicas	Aumento do risco de inundação em áreas povoadas
		Impactos significativos a ecossistemas sensíveis devido à alteração do regime de cheias
	Alterações de regimes hidrodinâmicos e hidrossedimentológicos	Elevação da turbidez devido a processos de erosão ou ressuspensão de partículas de rejeitos resultando em níveis acima dos padrões de qualidade de água
	Alterações de qualidade do ar	Elevação da concentração de partículas em suspensão e inaláveis em áreas habitadas devido aos processos de arraste eólica de partículas de rejeitos resultando em

Questões	Itens	Exemplos de características
		níveis acima dos padrões de qualidade do ar
<i>Químicas</i>	Reatividade do rejeito	Material detrítico com características de resíduo perigoso (por exemplo, uma mistura de rejeito com sedimentos contaminados) Lixiviação de metais a partir dos rejeitos com potencial de causar alterações significativas na qualidade de água superficial ou subterrânea (e.g. qualidade da água exceder padrões de qualidade ou faixa de valores verificada anteriormente ao rompimento da Barragem de Fundão)
	Composição química do rejeito	Risco à saúde humana ou ecológico associado à presença de rejeito no ambiente não aceitável, conforme critérios definidos em legislação
<i>Biológicas</i>	Impactos à biodiversidade	A presença de rejeitos no ambiente pode resultar em impactos à biodiversidade no longo prazo
	Interferência em processos de recuperação ambiental	A presença de rejeitos no ambiente pode inviabilizar a recuperação ambiental de algumas áreas

Fonte: Golder 2016, com modificações introduzidas pela CH2M.

A **Tabela 8-2** apresenta os critérios específicos a serem considerados em cada trecho, contexto ou unidade de análise, visando a caracterização ambiental das áreas afetadas pela deposição de rejeitos.

**Tabela 8-2. Características específicas.**

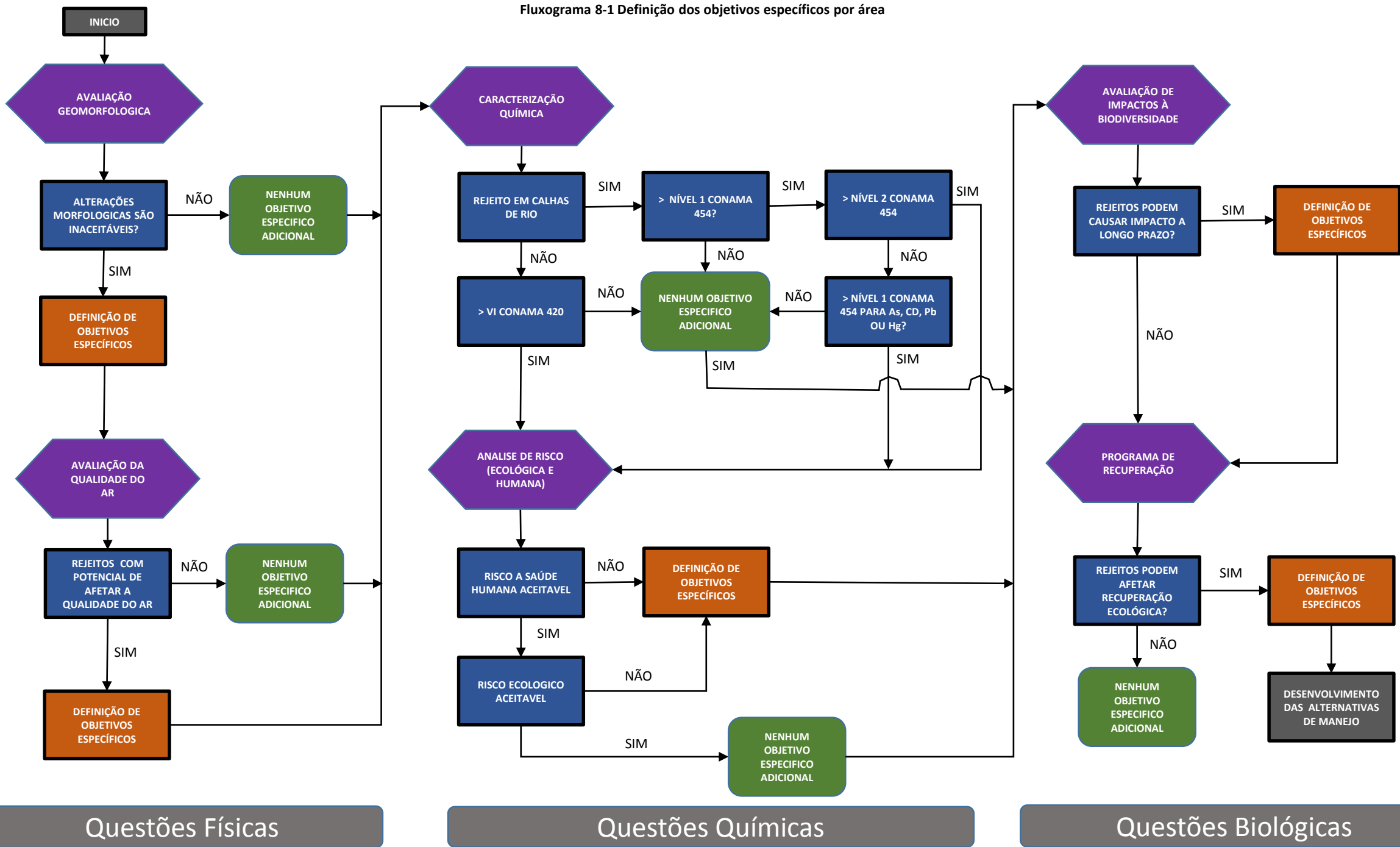
Aspecto	Momento no tempo	Caraterísticas específicas
<i>Aspectos Físicos</i>	Situação atual	Tipo de deposito de rejeito
		Área impactada por tipo de deposito (ha)
		Levantamento planimétrico
		Espessura media do rejeito (m)
		Volume de rejeito (m3)
		Textura do material
		Composição do material / teor do óxido de ferro
		Estratigrafia dos depósitos

Aspecto	Momento no tempo	Caraterísticas específicas
<i>Aspectos Químicos</i>	Situação anterior ao evento e situação atual	Potencial de erosão ou da ressuspensão de material
		Potencial de mobilização de metais
		Qualidade do ar (geração de poeira)
		Atributos da paisagem local (relevo predominante, nascentes, fragmentos de vegetação nativa, dentre outros)
<i>Aspectos biológicos</i>	Situação anterior ao evento e situação atual	Ações de controle ambiental existentes
		Qualidade da água superficial (turbidez, cor aparente, metais dissolvidos)
		Qualidade da água subterrânea (metais dissolvidos)
		Qualidade do solo (teor de metais)
		Qualidade dos sedimentos (teor de metais)
<i>Aspectos Socioeconômicos</i>	Situação anterior ao evento, situação atual, e planejado	Ecosistema aquático (impactos na biodiversidade a longo prazo)
		Ecosistema terrestre (supressão de floresta nativa/ supressão de pastagem ou áreas antropizadas)
		Conectividade de habitats
		Potencial ecotoxicológico
		Eficácia das ações de hidro-semeadura com levantamento das espécies preponderantes
		Uso e ocupação do solo
		Uso da paisagem (praias, cachoeiras)
		Alteração de cota do terreno / drenagem
		Restrições legais (APP/Reserva legal)
		<i>Uso da água</i>
		Abastecimento (superficial ou subterrâneo)
		Dessedentação de animais
Lazer de contato primário		
Pesca		
Irrigação		
Geração de energia		
Navegação		

\* Conforme 22 de julho de 2008, conforme regulamento apontado pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal 12651/2012

O **Fluxograma 8-1** mostra as principais perguntas para responder as questões físicas, químicas e biológicas.

Fluxograma 8-1 Definição dos objetivos específicos por área



Fonte: Golder Associates, 2016, com modificações introduzidas pela CH2M.

Percorrendo este fluxograma, cada área pode acumular objetivos específicos oriundos das questões físicas, químicas e biológicas. Este fluxograma não demonstra explicitamente as questões socioeconômicas, que são avaliadas separadamente e cujos objetivos específicos cabíveis serão adicionados sempre, por meio de um levantamento do tipo de vegetação, uso de solo, e outras questões específicas voltadas aos proprietários e comunidade. Por exemplo, os objetivos socioeconômicos relacionadas à UHE Risoleta Neves (Reservatório de Candonga) podem ser definidos como segue:

- Aumentar a capacidade do reservatório para retenção de sedimentos provenientes de montante;
- Garantir a segurança da estrutura; e
- Permitir a operação das comportas e reativação da usina.

Além da mitigação de risco e recuperação de áreas impactadas, podemos incorporar melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas, por exemplo, podemos considerar uma área na planície fluvial com depósitos de rejeitos e aumentar a produtividade do solo desta área em um nível superior anterior ao evento.

## 9 ESTUDOS COMPLEMENTARES

Abaixo, foram listados alguns estudos complementares já identificados como necessários à Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito. Outros poderão surgir a medida que ocorra a aplicação dos trechos específicos e as particularidades de cada área.

Esta etapa ocorre paralelamente às demais etapas do Plano de Manejo de Rejeito e, como ainda não existem todos os dados necessários para a tomada de decisão e os estudos complementares possuem prazos distintos para serem executados e finalizados, foi acordado que o manejo de rejeitos poderia ser iniciado com os dados existentes e posteriormente ser reavaliado/readequado, com a inclusão destes novos dados. A inclusão de novos dados complementa a caracterização ambiental, demandando uma reavaliação dos impactos ambientais e dos objetivos específicos.

Desta maneira, o processo de tomada de decisão referente ao manejo de rejeitos acontecerá em dois momentos:

- 1º momento: Decisão, definição e implementação de ações com base nas informações atualmente existentes.
- 2º momento: Decisão, definição e reavaliação/readequação (se necessário) das ações com base nas informações de estudos complementares aos atualmente existentes.

Entre os estudos complementares identificados encontram-se:

- Modelo hidráulico e de transporte de sedimentos, para avaliação da dinâmica fluvial, identificação das áreas de deposição e erosão e identificação de impacto de alternativas de manejo;
- Caracterização quanto a deposição dos rejeitos na zona marinha originados pela pluma de turbidez decorrente do aporte de sedimentos finos em suspensão e em forma coloidal.
- Avaliação de risco à saúde humana e do risco ecológico conforme descrito nas seções a seguir.

## 9.1 AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA

A metodologia para a realização de avaliação de risco a saúde humana está consolidada conforme a Norma Técnica ABNT 16.290 – Avaliação de Risco para a Saúde Humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.

O Estado de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 02, de 08/09/2010, que institui o Programa Estadual de Gestão de Áreas Contaminadas, define diretrizes específicas e prevê a avaliação de risco como uma ferramenta de gestão.

Com base nesse documento, a FUNDAÇÃO elaborou o documento, Termo de Referência (TR) “Plano de Trabalho para Elaboração de Avaliação de Riscos à Saúde Humana em Áreas Piloto” (**Anexo IV**).

O Termo de Referência de Análise de Risco à Saúde Humana (TR Risco à Saúde) foi revisado com base nas notas técnicas emitidas pela Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental, considerando as áreas piloto recomendadas para Minas Gerais e Espírito Santo.

As notas técnicas detalharam ajustes e aprimoramentos a serem feitos em relação à primeira versão do documento. Além disso, indicaram áreas pilotos para aplicação do TR Risco à Saúde, conforme supracitado.

Desta forma, o TR Risco à Saúde revisado apresenta o escopo e levantamento de dados necessários para a execução das etapas de investigação preliminar e investigação confirmatória, considerando somente as áreas piloto. Caso haja comprovação de contaminação, a Fundação Renova apresentará uma nova malha amostral para a investigação detalhada.

Independente de surgirem ou não resultados que exijam uma investigação detalhada, a Fundação Renova executará a análise de risco à saúde humana para essas áreas pilotos.

Devido ao ineditismo e abrangência dos impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão, bem como pela dificuldade em se determinar a distribuição espacial e quantitativos de pontos de amostragem, optou-se, em um primeiro momento, por apresentar essas estimativas de pontos de amostragem para as áreas pilotos considerando as observações das notas técnicas.

Com a execução do respectivo TR Risco à Saúde, pretende-se confirmar a aderência do modelo proposto para análise de risco e também definir critérios para a malha amostral para as outras regiões, entre Mariana/MG e Linhares/ES.

Obviamente e conforme reforçado em reuniões e workshops, a Fundação Renova executará as etapas de investigação preliminar, confirmatória e detalhada, conforme a necessidade, para as áreas impactadas definidas pelo Plano de Manejo de Rejeito.

Em acordo com os órgãos ambientais que compõem a Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos, IBAMA, Secretaria Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (SEMAD) e IEMA, foram indicadas 2 (duas) áreas para serem utilizadas como áreas piloto e que deverão ser consideradas para a modelagem inicial de avaliação de riscos à saúde humana, são elas:

1) Área prioritária de recuperação 9 – Planície de inundação BFS-26 do Rio Gualaxo do Norte, no Estado de Minas Gerais – inserida entre os limites do Dique S4 e Candonga (barragem da UHE Risoleta Neves).

2) Área da Comunidade de Areal, no Município de Linhares, no Estado de Espírito Santo – inserida na região de Regência, próximo à Foz do rio Doce.

Entretanto, a análise de risco não será um impeditivo para o andamento da aplicação do Plano de Manejo de Rejeito. As ações ocorrerão simultaneamente.

## 9.2 AVALIAÇÃO DO RISCO ECOLÓGICO

Foi elaborado um Termo de Referência (TR) para a avaliação de Risco Ecológico, todavia esse documento ainda não foi aprovado pelas agências ambientais. Para endereçar os questionamentos relativos a esse estudo, a FUNDAÇÃO irá realizar um Workshop visando, com isso, definir a metodologia e abordagem a ser aplicada.

O TR elaborado define os cenários de exposição, como sendo os mesmos da avaliação de risco a saúde humana (10 cenários), bem como os compostos químicos de interesse. Como potenciais receptores foram elencados: mamíferos, aves, roedores, plantas, animais de criação e organismos aquáticos.

Como não há no Brasil uma metodologia definida para a realização do risco ecológico, esse plano descreve a metodologia de avaliação de risco com base na USEPA - *United States Environmental Protection Agency* (USEPA, 1997).

O processo inicia com formulação do problema para focar a avaliação. Dessa forma, considera-se o levantamento dos contaminantes no local, transporte, potencial toxicidade, receptores potenciais, vias de exposição e seleção de parâmetros para avaliar o risco ecológico. Nessa etapa também seriam avaliados eventuais estudos prévios de toxicidade e/ou bioacumulação realizados na área impactada.

Para este projeto, muitos dos metais associados aos rejeitos que foram detectados nos níveis mais elevados não são considerados constituintes bioacumulativos relevantes (USEPA, 2000). Como resultado, o foco principal da avaliação será provavelmente a exposição direta e efeitos sobre os invertebrados de sedimento, invertebrados do solo, plantas terrestres e aquáticas, e receptores de coluna de água (ex: peixes). O gado exposto a água superficial também será considerado.

O foco deste estudo seria principalmente, a água superficial, o sedimento e o solo da planície de inundação. Para este projeto especificamente, o método determinante de remediação para concentrações de metal na água superficial que excedam o “*Ecological Screening Values*” será focar em depósitos de rejeitos não estáveis e então monitorar as alterações nas concentrações na água ou nas comunidades aquáticas ao longo do tempo.

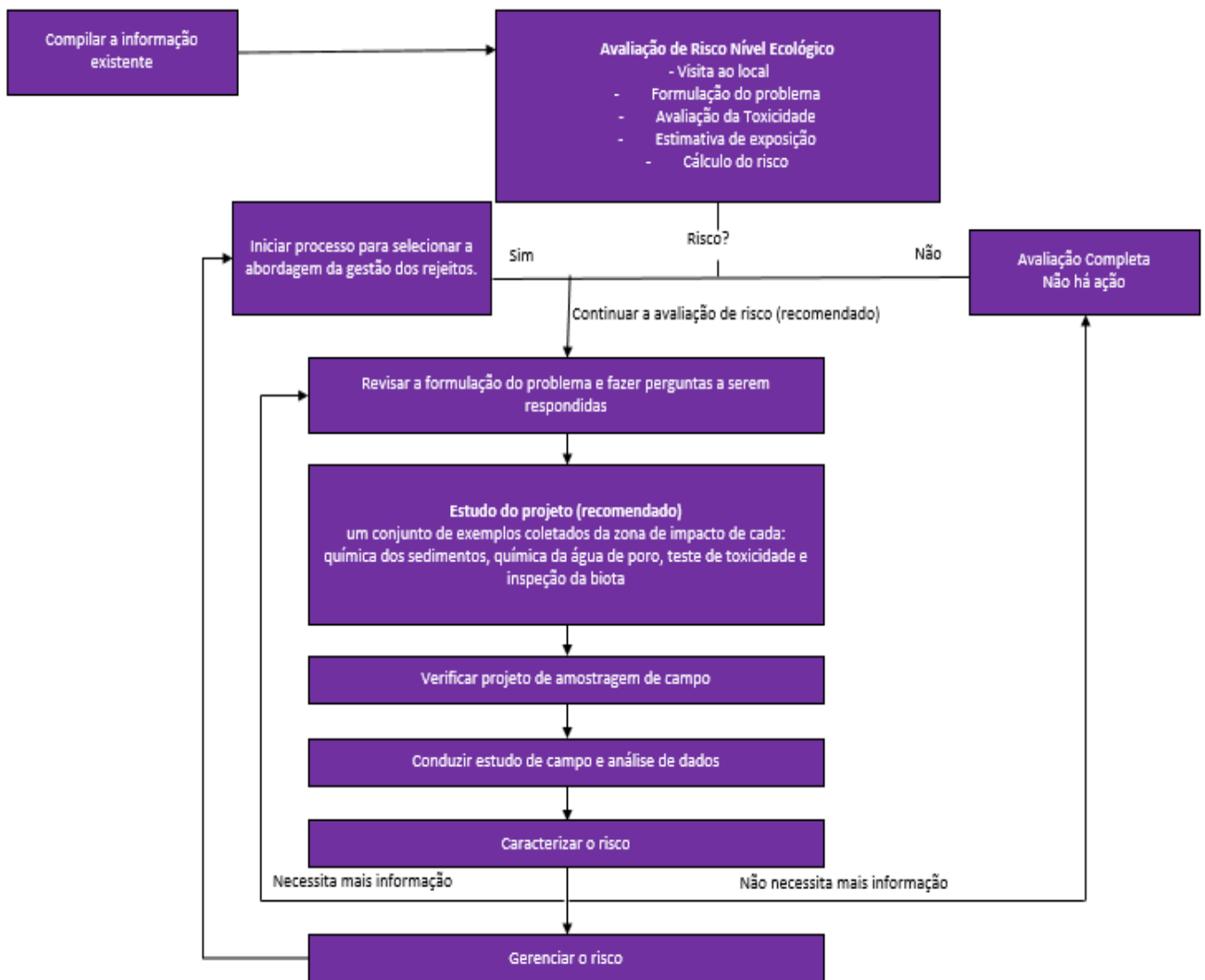
Os riscos para o gado/pecuária que bebe da água com rejeitos, podem ser abordados através da estimativa de uma dose diária e comparando essa dose com um valor de referência de toxicidade associado a um efeito negativo.

A condução de estudos específicos é um desafio, dado o tamanho da área impactada. Para definir as concentrações no local, sugere-se que a amostragem composta ou incremental (ITRC, 2012) possa ser aplicada em subáreas para gerar concentrações no ponto de exposição que possam então ser comparadas com os limiares de risco ecológico derivados dos estudos específicos do local.

Também é importante observar que o resultado da avaliação de risco ecológico será utilizado na análise custo-benefício (ACB) para a definição das alternativas de manejo. Na ACB é importante compreender o nível de perda de serviços ecológicos

associados a contaminantes presentes nos meios ao determinar os custos e benefícios da aplicação de técnicas de manejo, isto porque a aplicação da remediação irá reduzir a exposição do contaminante (ponto positivo), mas também pode criar impactos ambientais em áreas que estão se recuperando naturalmente (ponto negativo).

Existe um grande desafio no desenvolvimento da análise de risco ecológico em biomas complexos, com alta biodiversidade e pouco conhecidos, caso de maior parte dos biomas brasileiros. Além disso, as áreas serão recuperadas, o que será possível apenas por meio do estabelecimento de espécies pioneiras e tolerantes, cuja função é fundamental para dar início ao processo de sucessão secundária. Dessa forma, sugere-se a realização de um fórum para a discussão da avaliação de risco ecológico considerando as incertezas da metodologia e a falta de dados específicos da região.



**Fluxograma 9-1. Avaliação de risco de nível ecológico**

Fonte: ABNT 16.209

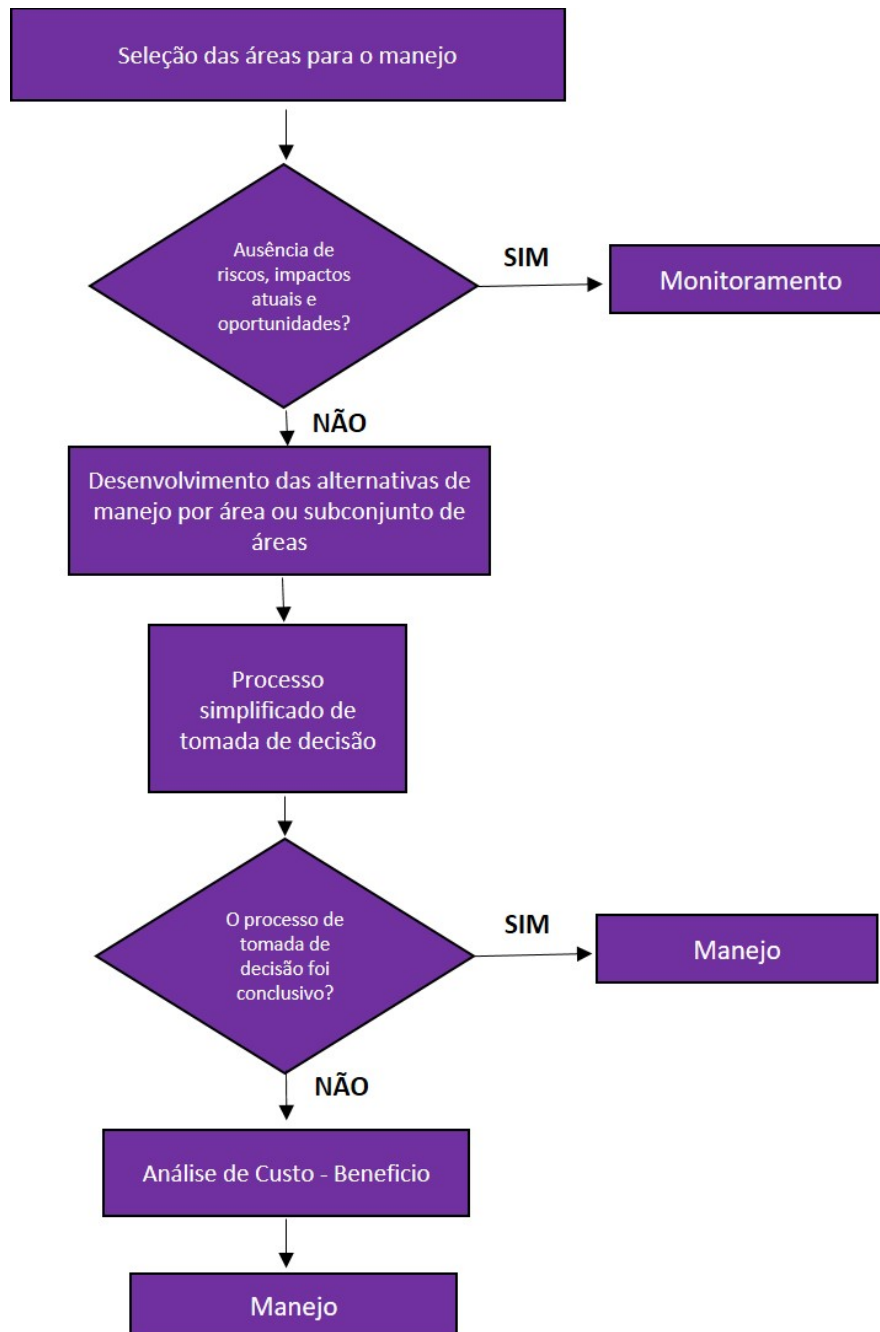
## 10 MODELOS DE DECISÃO E ANÁLISE DE CUSTO BENEFÍCIO

Há uma grande variedade de conceitos, modelos e instrumentos para a tomada de decisões. Cada instrumento apresenta as suas vantagens e desvantagens. Além disto, estes instrumentos variam em seu nível de complexidade: quanto mais complexo o instrumento, mais dados são necessários e, conseqüentemente, mais tempo para a tomada de decisão. Portanto, devido ao tamanho da área afetada e à diversidade dos processos envolvidos, não entendemos como viável utilizar uma única ferramenta de decisão. Uma única abordagem, aplicada de modo uniforme nas áreas afetadas, significaria que algumas decisões seriam demoradas demais e outras decisões seriam superficiais demais. Ou seja, há uma necessidade de variar o nível de complexidade do processo de tomada de decisão por área ou subconjunto de áreas. Portanto, foram definidos dois níveis de tomada de decisão:

- Processo simplificado de tomada de decisão; e
- Análise custo-benefício.

O processo simplificado de tomada de decisão requer menos dados e, portanto, é mais rápido do que uma análise de custo-benefício. Dessa forma, é possível aplicar este processo em uma determinada área, por conta da urgência da situação.

O nível de complexidade do processo decisório é determinado por área ou subconjunto de áreas usando o diagrama de fluxo abaixo (**Fluxograma 10-1**).



**Fluxograma 10-1. Etapas do processo de tomada de decisão**

Todos os elementos deste fluxograma são descritos a seguir.

### 10.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS PARA O MANEJO

Os objetivos específicos do manejo de rejeitos, são sempre definidos por trecho, por contexto e/ou por área, envolvendo questões físicas, químicas, biológicas e socioeconômicas.

A seleção das áreas para o manejo é realizada de seguinte forma:

1. Definição da divisão territorial *inicial* em trechos, contextos e áreas, utilizando critérios geográficos e definição dos objetivos específicos (Seção 7);
2. Estudos complementares, resultando em novas relações de causa-e-efeito, potencialmente afetando a divisão territorial (Seção 8); e
3. Definição da divisão territorial final, levando em consideração todos os estudos complementares.

No primeiro passo, cada trecho, contexto ou área pode acumular objetivos específicos, oriundo das questões, físicas, químicas, biológicas e socioeconômicas. Na ausência de riscos, impactos atuais e oportunidades em uma determinada área, esta não apresentará nenhum objetivo específico. Neste caso, a área seria eliminada do processo de tomada de decisão e apenas será monitorada.

Além da questão da definição dos objetivos de manejo, há outros fatores que afetam a seleção de uma determinada área para o manejo do rejeito:

- Grau do risco e/ou impacto;
- Possibilidade de acesso;
- Possibilidade do uso de áreas de disposição; e
- A posição da área dentro da zona de impacto (de preferência, as obras são executadas de montante para jusante).

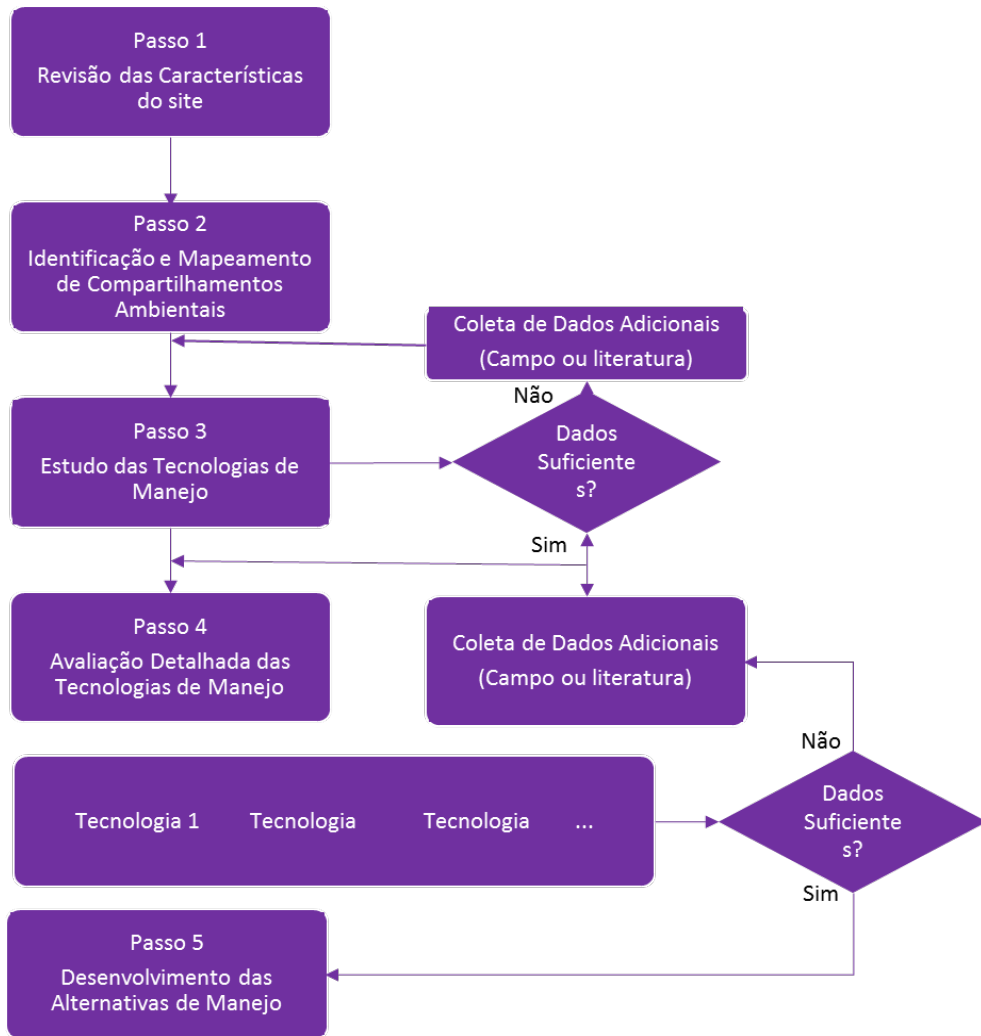
## 10.2 DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS DE MANEJO

As alternativas de manejo são obtidas a partir dos objetivos específicos definidos na Fase 1.

O número de alternativas geralmente varia entre 3 a 6 tipos de alternativas. Para cada área ou subconjunto de áreas, a remoção dos rejeitos será sempre incluída como uma das alternativas. Usualmente haverá uma comparação entre a remoção dos rejeitos (chamada de alternativa de referência) e outras alternativas.

Para identificar alternativas de manejo será adaptado um processo formal desenvolvido pelo *Interstate Technology and Regulatory Council – ITRC (2014)* e modificado conforme necessário, para o projeto específico (**Fluxograma 10-2**).

As opções desenvolvidas deverão atender todos os objetivos específicos. Após a aplicação do processo para os vários tipos diferentes de áreas, é possível que os resultados possam ser replicados em outras áreas com características similares, simplificando então o nível de esforço para identificar alternativas de manejo.

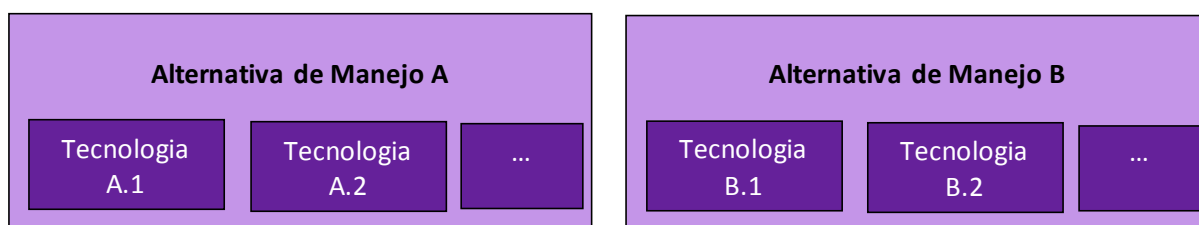


**Fluxograma 10-2. Desenvolvimento das Alternativas de Manejo**

Fonte: Passos 1 a 5 do processo ITRC modificado.

Para cada área ou subconjunto de áreas, as seguintes etapas seriam aplicadas:

- **Passo 1. Análise das Características da Área:** Analisar/revisar os dados de site específicos para confirmar que informação esteja disponível para efetivamente avaliar tecnologias corretivas e de recuperação. Isto inclui a definição dos dados “background” (o que pode ser considerado um risco ou impacto relacionado ao evento e o que não pode ser relacionado ao evento).
- **Passo 2. Identificar e Mapear Compartimentos Ambientais:** Se aplicável, delinear a área em um ou mais compartimentos ambientais. Os compartimentos ambientais podem ser subáreas ou ambientes diferentes (por exemplo: o meio aquático versus o meio terrestre).
- **Passo 3. Triagem de Tecnologias:** Avaliar tecnologias baseadas primeiramente em critérios gerais, e descartar tecnologias obviamente não aplicáveis, antes da avaliação detalhada.
- **Passo 4. Avaliar Tecnologias:** Usar uma abordagem de linhas-de-evidência para avaliar características relevantes da área para cada compartimento ambiental e determinar quais tecnologias são mais favoráveis dentro de cada compartimento.
- **Passo 5. Desenvolver Alternativas de Manejo:** Desenvolver alternativas de manejo por meio da combinação de tecnologias em alternativas que abordam a contaminação ou recuperação para toda a área considerada, como segue:



A versão original do ITRC contém um sexto passo “Avaliação das Alternativas de Manejo”, substituído neste Plano de Manejo de Rejeito pelos níveis 2 e 3 de tomada de decisão (i.e., o Processo Simplificado de Tomada de Decisão e a Análise de Custo-Benefício).

Para exemplificar, foram desenvolvidas as seguintes alternativas de manejo para o **Contexto A** do caso hipotético:

- **Alternativa A:** Remoção, transporte e destinação do primeiro metro do material detritico, aterragem com solo de empréstimo e revegetação:

- Tecnologia 1: Escavação mecânica, transporte por caminhão e destinação para aterro;
  - Tecnologia 2: Abertura de jazidas, transporte por caminhão, e reaterramento com solo de empréstimo;
  - Tecnologia 3: Revegetação; e
  - Tecnologia 4: Monitoramento.
- **Alternativa B:** Condicionamento do solo e revegetação:
    - Tecnologia 1: Análise de Risco;
    - Tecnologia 2: Condicionamento do solo;
    - Tecnologia 3: Revegetação; e
    - Tecnologia 4: Monitoramento.
  - **Alternativa C:** Monitoramento da regeneração natural:
    - Tecnologia 1: Análise de Risco; e
    - Tecnologia 2: Monitoramento.

As alternativas de manejo não são excludentes. A depender do momento da definição, todas as alternativas poderão ser aplicadas. Isso será detalhado na aplicação do Plano.

### 10.3 PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

Existe uma grande variedade de processos, todavia, no contexto deste Plano de Manejo de Rejeito foram definidos os seguintes requisitos para o Processo Simplificado de Tomada de Decisão:

- **Rapidez:** O processo deveria requer menos dados e, portanto, ser mais rápido do que uma análise de custo-benefício;
- **Transparência:** Um certo nível de subjetividade é inevitável e permitido neste tipo de processo. Porém, o processo não pode incorporar uma grande quantidade de variáveis subjetivas, para evitar que a principal parte interessada, não consiga ter o entendimento completo;

- Segurança: O processo tem que eliminar alternativas de manejo inaceitáveis, do ponto de vista do risco operacional;
- Resolução: O processo tem que ser capaz de diferenciar múltiplas alternativas de manejo; e
- Consenso: O processo tem que ser capaz de medir o consenso/aceitação entre as partes interessadas.

O processo de tomada de decisão que atende todos estes requisitos é qualquer método utilizando uma matriz de decisão com pesos uniformes e uma ponderação geométrica, conforme explicado a seguir.

### 10.3.1 MATRIZ DE DECISÃO

Uma forma relativamente simples de implementar o procedimento acima esboçado é o que se chama de Matriz de Decisão. Consiste em selecionar a melhor alternativa pela determinação da maior média ponderada das notas. Assim, colocamos em uma tabela as soluções propostas e os critérios de avaliação. Os demais espaços da tabela são utilizados para a atribuição de notas a cada uma das alternativas segundo os critérios adotados. Opcionalmente podem-se atribuir pesos aos critérios para expressar a importância relativa a cada um.

Embora se trate de um procedimento aparentemente simples, deve-se atentar para o fato que atribuir uma lista de notas e pesos para os critérios envolvidos em um projeto de engenharia não é uma tarefa fácil e implica, via de regra, em uma avaliação subjetiva. Quando a matriz de decisões é muito grande, com múltiplos critérios e pesos diferentes, a subjetividade pode resultar em decisões sem transparência. Por isso, quanto mais simples a matriz de decisão, mais eficaz a sua utilização.

O processo simplificado de tomada de decisão para identificar a melhor alternativa de manejo apresentado a seguir foi baseado no método “*RIDES Redteam Review*”, um projeto Six Sigma™ desenvolvido na Indústria Automotiva (TRW, 2003). Neste processo, são utilizadas duas análises, lado a lado:

- Uma Matriz de Decisão com pesos uniformes e com ponderação aritmética ou ponderação geométrica; e

- Uma estimativa do Valor Líquido Presente dos custos de implementação e manutenção das alternativas de manejo.






A matriz de decisão do processo considera os quatro critérios a seguir:

1. Efetividade em atingir os objetivos específicos definidos;
2. Viabilidade técnica (e.g., acesso) e administrativa (e.g., licenciamento, aderência à legislação);
3. Impactos e riscos causados pelo manejo (temporários e/ou permanentes); e
4. Tempo de implementação (quanto mais demorada, menor a pontuação).

Diferente da maioria de métodos apresentados na literatura, nesta matriz de decisão todos os critérios recebem um peso igual, assim minimizando o grau de subjetividade.

A avaliação de cada critério é realizada por meio de notas e cores como segue na **Tabela 10-1**.

**Tabela 10-1. Avaliação técnica através de notas e classificação por cores**













Avaliação técnica	Classificação por nota	Avaliação semáforo	Classificação pela cor
<i>Péssimo</i>	1	Inaceitável	
<i>Ruim</i>	2		
<i>Razoável</i>	3	Aceitável, mas requer atenção	
<i>Bom</i>	4	Aceitável	
<i>Excelente</i>	5		

A classificação pelas cores “vermelho”, “amarelo” e “verde” resultam em uma classificação ainda mais simples do que a nota de 1 a 5. As cores (chamadas de “semáforos”) correspondem às condições “inaceitável” (vermelho), “aceitável mas requer atenção” (amarela) e “aceitável” (verde). No método proposto, nenhuma alternativa é aceita com um ou mais critérios na categoria “não aceitável” (i.e., um ou mais critérios com uma nota menor do que 2, ou seja, cor vermelha). O uso de cores torna o processo transparente e evita a escolha de alternativas inaceitáveis.

Este processo de tomada de decisão é mais eficaz quando ocorre entre um grupo de especialistas que discutem cada critério e cada nota. Sendo assim, uma sugestão seria que esse processo simplificado de tomada de decisão fosse validado com os órgãos ambientais competentes, para que seja possível atingir uma pontuação que represente o entendimento multidisciplinar que o tema em questão requer.

Para cada alternativa, as notas de cada critério são *multiplicadas* para obter a pontuação acumulada. A **Tabela 10-2** demonstra, a modo de exemplo, o resultado deste processo simulando um caso hipotético.

**Tabela 10-2. Exemplos da pontuação utilizada na Análise Simplificada de Tomada de Decisão para um contexto determinado**

Alternativa de manejo	1. Efetividade em atingir os objetivos específicos	2. Viabilidade técnica e administrativa	3. Impactos e riscos causados pelo manejo	4. Tempo de implementação	Pontuação
A. Remoção, aterramento com solo de empréstimo e revegetação	 5	 3	 3	 3	$5 \times 3 \times 3 \times 3 = 135$
B. Condicionamento do solo e revegetação	 5	 4	 4	 3	$5 \times 4 \times 4 \times 3 = 240$
C. Monitoramento da regeneração natural	 2	 5	 5	 2	$2 \times 5 \times 5 \times 2 = 100$

Nota: Para o exemplo não foram devidamente justificadas e são apresentadas de forma ilustrativa.

Neste exemplo, a Alternativa B apresenta a maior pontuação. A atribuição das notas aos diferentes critérios será explicada nas próximas seções deste capítulo.

Como dito anteriormente, a pontuação da alternativa é obtida pela multiplicação das notas para cada alternativa de manejo. O uso da “multiplicação” das notas, ao invés da soma, resulta em uma maior *resolução* do método (i.e., a diferenciação das alternativas, através da sua pontuação) e, em conjunto com os semáforos, evita a seleção de alternativas com uma nota baixa em quaisquer dos critérios.

Se utilizarmos a soma das notas no mesmo exemplo acima o resultado seria: A= 14; B= 16; e C= 14. Neste caso, a alternativa B continua sendo o melhor, mas as

alternativas A e C apresentam pontuações iguais. Isto intuitivamente não faz sentido, porque a Alternativa C tem dois critérios com uma pontuação considerada “inaceitável” (semáforo vermelho) e, portanto, deveria receber uma pontuação menor do que a Alternativa A.

Como foi demonstrado, o uso do produto das notas evita este problema. Este tipo de ponderação é chamado de *ponderação geométrica* porque após tirar a *raiz quarta* do produto das notas, obtém-se a média geométrica das notas para cada alternativa. A transformação do produto das notas em uma média é chamada de *normalização*. A normalização serve para obter uma “nota geral” para cada alternativa de manejo. No exemplo apresentado, as médias geométricas das notas para cada alternativa de manejo são: A= 3,40; B= 3,94; e C= 3,16.

Conforme mencionado anteriormente, está sendo utilizada uma matriz de decisão com *pesos uniformes*. Uma dúvida seria se a alocação de *pesos não-uniformes* também resolveria a questão da resolução. Para exemplificar usamos o mesmo exemplo, agora com a alocação dos pesos 10, 5, 5 e 10 para cada critério, obtendo a seguinte matriz de decisão (**Tabela 10-3**):

**Tabela 10-3. Exemplo de uma Matriz de Decisão com pesos não-uniformes para um determinado contexto.**

Alternativas de manejo	Critério 1 Peso: 10	Critério 2 Peso: 5	Critério 3 Peso 5	Critério 4 Peso: 10	Pontuação
Alternativa A	$5 \times 10 = 50$	$3 \times 5 = 15$	$3 \times 5 = 15$	$3 \times 10 = 30$	$50 + 15 + 15 + 30 = 110$
Alternativa B	$5 \times 10 = 50$	$4 \times 5 = 20$	$4 \times 5 = 20$	$3 \times 10 = 30$	$50 + 20 + 20 + 30 = 120$
Alternativa C	$2 \times 10 = 20$	$5 \times 5 = 25$	$5 \times 5 = 25$	$2 \times 10 = 20$	$20 + 25 + 25 + 20 = 90$

Foram obtidos resultados diferentes entre as Alternativa A e Alternativa C, ou seja, foi possível melhorar a resolução do resultado. Porém, como dito anteriormente, o uso de pesos aumenta o grau de subjetividade do método e o torna menos transparente. Por exemplo, é difícil dizer se os riscos e impactos causados pelo manejo (peso 5) realmente são menos importantes do que a eficiência em atingir os objetivos específicos (peso 10).

Concluimos, então, que o método apresentado, baseado em uma matriz de decisão com pesos uniformes e ponderação geométrica, atende aos requisitos apresentados no início deste Capítulo.

### 10.3.2 VALOR LÍQUIDO PRESENTE

Além de uma matriz de decisão, o processo simplificado de tomada de decisão utiliza o Valor Líquido Presente (VLP) para comparar as alternativas de manejo.

O uso do VLP permite comparar os custos de alternativas com tempos de implementação e manutenção.

Recomenda-se que o VLP de cada alternativa de manejo seja estimado com um intervalo de incerteza de +/- 30%. Para isto, seria necessária a elaboração de projetos conceituais das medidas propostas. Caso a elaboração de projetos conceituais não seja viável, podem ser utilizadas estimativas de custos qualitativas, como “custo baixo”, “custo médio” e “custo alto”.

Vale ressaltar que o VLP de cada alternativa de manejo é considerado separadamente da pontuação. Os custos de implementação e manutenção somente são utilizados para selecionar alternativas com uma pontuação acumulada similar. Neste caso, a alternativa com menor custo, mas ainda atingindo uma boa pontuação, representa a alternativa com maior custo-benefício.


### 10.3.3 RESULTADO DO PROCESSO SIMPLIFICADO DE TOMADA DE DECISÃO

O resultado do processo simplificado de tomada de decisão é apresentado de forma tabular, mostrando para cada alternativa de manejo:

- A cor do (s) semáforo (s) mais crítico (s);
- O produto das notas; e
- O Valor Líquido Presente dos custos de implementação e manutenção.

A **Tabela 10-4** demonstra, a modo de exemplo, o resultado do Processo Simplificado de Tomada de Decisão para um caso hipotético.

**Tabela 10-4. Exemplo de resultado do Processo Simplificado de Tomada de Decisão para um determinado contexto**

Alternativa de manejo	Semáforo mais crítico	Produto das notas	Valor líquido presente (R\$)
A. Remoção, aterramento com solo de empréstimo e revegetação		135	5,3 M
B. Condicionamento do solo e revegetação		240	2,1 M

Alternativa de manejo	Semáforo mais crítico	Produto das notas	Valor líquido presente (R\$)
C. Monitoramento da regeneração natural		100	0,2 M

Neste exemplo, a Alternativa B é a melhor, por que esta alternativa apresenta:

- a) Nenhum critério com pontuação inaceitável (a cor do semáforo mais crítico é amarela, qualificado como sendo “aceitável mas requer atenção”);
- b) A maior pontuação (i.e., o produto das notas); e
- c) O menor custo de implementação a manutenção dentro das alternativas de manejo aceitáveis (i.e. as alternativas com semáforo amarelo ou verde).

Nas próximas seções é explicada como é realizada a pontuação para cada critério.

Embora tenha sido possível identificar a melhor alternativa, existem duas alternativas aceitáveis: A e B. Portanto, pode se decidir levar estas duas alternativas para o terceiro e mais rigoroso nível de decisão: a Análise Custo-Benefício (ACB).

#### 10.3.4 EFETIVIDADE EM ATINGIR OS OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO PROJETO




Este critério mede a efetividade em atingir os objetivos do projeto de manejo em uma determinada área ou determinado compartimento ambiental.

Na avaliação de uma determinada alternativa precisamos considerar todas as tecnologias dentro destas alternativas e ponderar se estas tecnologias conseguem atingir todos os objetivos específicos definidos.

Os riscos e impactos *residuais* são os riscos e impactos *após* a implementação do projeto de manejo. Para obter uma pontuação boa, os riscos e impactos residuais precisam estar dentro de limites dos padrões aceitáveis.

Além da questão dos riscos e impactos residuais, há a questão da incorporação de melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas (o terceiro objetivo apresentado no Capítulo 2). A **Tabela 10-5** apresenta uma guia para a pontuação que leva ambas as questões em consideração.

**Tabela 10-5. Guia para a Pontuação da Efetividade em Atingir os Objetivos Específicos de uma Área**

Efetividade em Atingir os Objetivos do Projeto	Semáforo	Raciocínio	Pontuação
<i>Quase não há mitigação dos riscos e/ou recuperação das áreas impactadas.</i>	Inaceitável 	A alternativa não alcança todos os objetivos do projeto.	Atribuir nota 1 ou 2, diferenciando entre as alternativas inaceitáveis em termos de mitigação de riscos e impactos.
<i>O manejo é realizado de tal forma que os riscos e impactos residuais são aceitáveis, porém há pontos de atenção.</i>	Aceitável, mas requer atenção 	A alternativa alcança os objetivos do projeto.	Atribuir nota 3
<i>O manejo é realizado de tal forma que os riscos e impactos residuais são aceitáveis. Além disso, haverá melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas.</i>	Aceitável 	A alternativa promove uma situação melhor, quando comparada à situação anterior ao evento.	Atribuir nota 4 ou 5, diferenciando entre as alternativas aceitáveis, em termos de melhorias nas funções sociais, ambientais e econômicas das áreas impactadas.

Na pontuação foi utilizado o seguinte raciocínio:

- Alternativas A e B atingem todas os objetivos específicos para o caso exemplificado e incluem melhorias, portanto concedemos a nota 5; e
- Alternativa C não atinge os objetivos específicos definidos para o caso exemplificado, portanto concedemos a nota 2.

### 10.3.5 VIABILIDADE TÉCNICA E ADMINISTRATIVA

Uma determinada tecnologia poderia ser capaz em atingir os objetivos específicos definidos para uma determinada área. Porém, isto não necessariamente quer dizer que é possível implementar tal tecnologia na área em questão.




A viabilidade técnica e associada com *barreiras naturais*, como a falta de vias de acesso, a falta de coluna de água, entre outras.

A viabilidade administrativa é associada com *barreiras humanas*, como a probabilidade em conseguir o licenciamento da obra, a aderência à legislação e assim por diante.

A Tabela no Capítulo 9 demonstra a viabilidade técnicas das várias tecnologias de remoção de rejeitos.

A **Tabela 10-6** apresenta um guia para a pontuação da viabilidade técnica e administrativa.

**Tabela 10-6. Guia para a Pontuação da Viabilidade Técnica e Administrativa**

Viabilidade técnica e administrativa	Semáforo	Raciocínio	Pontuação
<i>Uma ou mais tecnologias dentro da alternativa de manejo não apresenta viabilidade técnica e/ou administrativa.</i>	Inaceitável 	Não é aceitável, se uma ou mais das tecnologias dentro da alternativa de manejo não pode ser implementada.	Atribuir nota 1 ou 2, diferenciando entre as alternativas inaceitáveis em termos de viabilidade técnica e/ou administrativa.
<i>Todas as tecnologias dentro da alternativa de manejo apresentam viabilidade técnica e/ou administrativa – porém há pontos de atenção.</i>	Aceitável, mas requer atenção 	Alternativas de manejo com tecnologias meramente viáveis deveriam receber uma nota média.	Atribuir nota 3.
<i>Todas as tecnologias dentro da alternativa de manejo são fáceis de implementar e manter.</i>	Aceitável 	Tecnologias fáceis de implementar deveriam receber uma nota mais alta do que tecnologias meramente viáveis.	Atribuir nota 4 ou 5, diferenciando entre as alternativas aceitáveis, em termos de facilidade de implementação e manutenção.

Na pontuação foi utilizado o seguinte raciocínio:

- Alternativas A e B são viáveis, mas sofrem na fase de implementação, em função de alguns trechos com dificuldade de acesso. Alternativa A envolve muito mais tráfego e com equipamentos mais pesados do que Alternativa B, portanto, foram concedidas as notas 3 e 4, respectivamente;
- Alternativa C é completamente viável porque não requer uma via de acesso. Portanto, concedemos a nota 5.

### 10.3.6 IMPACTOS E RISCOS CAUSADOS PELO MANEJO

Impactos e riscos causados pelo manejo são considerados os principais impactos e riscos relativos à alternativa de manejo proposta, a curto e longo prazos (implementação, operação e manutenção da alternativa selecionada):

- Impactos e riscos a curto prazo são causados durante a execução das obras para implementar as medidas corretivas.
- Impactos e riscos a longo prazo são causados durante a fase de operação e manutenção das medidas corretivas.

Por exemplo, um dique de retenção de sedimento causa um impacto ambiental durante a fase de construção devido ao aumento do nível de turbidez no rio, durante a obra. Mas o dique também causa um impacto ambiental durante a fase de operação, devido à inundação permanente da área (perda de habitat terrestre).

Geralmente, estes impactos e riscos são maiores para alternativas de manejo visando a remoção de rejeitos ou de material detritico. Neste caso, pode haver um impacto em três áreas distintas:

- As jazidas onde será obtido o solo de empréstimo;
- As áreas-alvo com rejeitos / material detritico; e
- As áreas de destinação dos rejeitos / material detritico.

A **Tabela 10-7** lista os riscos e impactos decorrentes da remoção de rejeitos.

**Tabela 10-7. Riscos e impactos decorrentes da remoção de rejeitos**

Questões	Itens	Exemplos de condições
<i>Socioeconômicas</i>	Alterações paisagísticas	Durante a obra haverá a necessidade de supressão de vegetação e movimentação de solo nas jazidas para o solo de empréstimo, nas áreas alvo com rejeitos e nas áreas de disposição.
	Tráfego intenso de caminhões	Trânsito intenso de caminhões causa distúrbios em comunidades locais e aumenta o risco de acidentes e risco de atropelamento de adultos, crianças e animais.
	Restrições de uso e ocupação do solo	Presença do rejeito nas áreas de destinação restringe permanentemente o uso e ocupação do solo no local.

	Desenvolvimento Sustentável	O uso de máquinas pesadas resulta na emissão de gases efeito estufa.
<i>Físicas</i>	Remoção de rejeitos das margens e da calha do rio.	Elevação da turbidez devido aos processos de ressuspensão de partículas de rejeitos durante a obra.
	Alterações de qualidade do ar	Elevação da concentração de partículas em suspensão e inaláveis em áreas habitadas devido aos processos de arraste eólica de partículas de rejeitos durante a obra.
<i>Químicas</i>	Impactos químicos	Possíveis impactos devido ao uso de floculantes e outros produtos químicos durante a obra
<i>Biológicas</i>	Impactos à biodiversidade	A remoção de rejeitos das margens e calhas do rio pode resultar em um aumento de turbidez.
	Interferência em processos de recuperação ambiental	A remoção de rejeitos de áreas já em fase de regeneração natural, resulta na destruição do habitat.
	Destruição de habitats	A supressão de vegetação resulta na destruição de habitats nas seguintes áreas: a) jazidas de solo de empréstimo, b) vias de acesso, c) áreas-alvo de remoção de rejeito e d) áreas de disposição.

É possível que os impactos ambientais e socioeconômicos associados ao manejo dos rejeitos (exemplo: impactos associados à abertura de acessos, transporte de rejeitos ou construção de áreas de disposição) sejam superiores ao benefício ambiental e socioeconômico que pode ser obtido por esse manejo. Por exemplo, digamos que para a remoção de uma camada fina de rejeitos depositados sobre leito rochoso, os métodos viáveis tecnicamente resultem em uma elevação do nível de turbidez para valores 2x acima do valor máximo permitido (100 NTU) durante o período da intervenção, em uma zona de mistura com extensão acima de 500 m. Nesse caso, esta alternativa de manejo receberia uma nota baixa, pois as premissas estabelecidas anteriormente seria que a intervenção proposta não exceda em duas vezes o de valor de 100 NTU, em uma determinada extensão de zona de mistura.




Além da questão dos impactos e riscos provocados pelo manejo, é levado em consideração o índice de sustentabilidade do manejo. Os índices de sustentabilidade podem ser calculados para cada tecnologia dentro de cada alternativa. Existem vários índices na literatura. Geralmente, o índice é menor devido ao:

- Uso de energia não renováveis;

- Emissão de gases efeito estufa;
- Geração de resíduos (resíduos sólidos, efluentes); e
- Ocupação do solo (e.g., criação de aterros).

A **Tabela 10-8** apresenta um guia para a pontuação dos riscos e impactos causados pelo manejo.

**Tabela 10-8. Guia para a Pontuação da dos Riscos e Impactos Causados pelo Manejo**

Riscos e impactos causados pelo manejo	Semáforo	Raciocínio	Pontuação
<i>Uma ou mais tecnologias dentro da alternativa de manejo apresenta impactos e/ou riscos altos.</i>	Inaceitável 	Não é aceitável, se uma ou mais das tecnologias dentro da alternativa de manejo apresenta impactos e/ou riscos altos.	Atribuir nota 1 ou 2, diferenciando entre as alternativas inaceitáveis em termos de impactos e/ou riscos de curto e/ou longo prazo, causados pela alternativa de manejo.
<i>Todas as tecnologias dentro da alternativa de manejo apresentam riscos e/ou impactos aceitáveis – porém há pontos de atenção.</i>	Aceitável, mas requer atenção 	Alternativas de manejo com risco e/ou impactos meramente razoáveis deveriam receber uma nota média.	Atribuir nota 3.
<i>Todas as tecnologias dentro da alternativa de manejo apresentam riscos e/ou impactos aceitáveis e são altamente sustentáveis.</i>	Aceitável 	Tecnologias sustentáveis deveriam receber uma nota mais alta do que as demais tecnologias.	Atribuir nota 4 ou 5, diferenciando entre as alternativas aceitáveis, em termos do grau de sustentabilidade.

Na pontuação foi utilizado o seguinte raciocínio:

- Alternativa A é viável, mas exige a supressão da vegetação pioneira, e causa um aumento temporário de turbidez durante a obra. Ela também causa impactos nas jazidas de solo de empréstimo e áreas de destinação de resíduos e apresenta a menor índice de sustentabilidade. Portanto, foi concedida a notas 3;
- Alternativa B não envolve escavação e gera pouco tráfego de caminhões. Apesar da supressão da vegetação pioneira e do transporte de insumos para o

condicionamento do solo, a alternativa apresenta alto índice de sustentabilidade. Portanto, foi concedida a nota 4;

- Alternativa C não apresenta impactos ou riscos e o uso de combustíveis fósseis é desprezível. Portanto, concedemos a nota 5.




#### 10.3.7 TEMPO DE IMPLEMENTAÇÃO

- O tempo de implementação da alternativa de manejo inclui o tempo necessário para:
  - Estudos adicionais
  - Elaboração do projeto;
  - Licenciamento da obra; e
  - Execução da obra

Em geral, quanto mais demorada a implementação, menor a pontuação. Neste caso, a pontuação foi baseada no TTAC, cujo prazo é 2026. Considerando como exemplo que o protocolo do Plano de Manejo de Rejeito ocorra no primeiro trimestre de 2017, podemos considerar um período de 8 a 9 anos como tempo de implementação máxima.

A **Tabela 10-9** apresenta uma guia para a pontuação do tempo de implementação.

**Tabela 10-9. Guia para a Pontuação do Tempo de Implementação**

Tempo de implementação	Semáforo	Raciocínio	Pontuação
> 8 anos	Inaceitável 	Extrapolando o prazo afirmado no TTAC	Atribuir nota 1 ou 2, diferenciando entre as alternativas inaceitáveis em termos do prazo de implementação.
2 a 8 anos	Aceitável, mas requer atenção 	Casos intermediários	Atribuir nota 3.
< 2 anos	Aceitável 	Implementação dentro de um ciclo hidrológico	Atribuir nota 4 ou 5, diferenciando entre as alternativas aceitáveis, em termos do prazo de implementação.

Na pontuação foi utilizado o seguinte raciocínio:

- Alternativas A e B apresentam um tempo de implementação dentro do intervalo de 2 a 8 anos. Portanto, foi concedida a nota 3 para ambas as alternativas;
- Alternativa C não prevê nenhum recondicionamento do solo, enquanto a presença de rejeitos no ambiente inviabiliza a recuperação ambiental. Ou seja, a regeneração natural, sem intervenção humana, demoraria muito mais do que 8 anos. Portanto, concedemos a nota 1.

#### 10.4 ANÁLISE DE CUSTO-BENEFÍCIO

A Análise de Custo-Benefício (ACB) é o nível de tomada de decisão mais detalhado da metodologia apresentada e serve como um complemento para o Processo Simplificado de Tomada de Decisão, para os casos mais complexos. A **Tabela 10-10** mostra uma comparação entre os vários o processo de tomada de decisão.

Tabela 10-10. Comparação dos vários métodos do processo de tomada de decisão

	<b>Abrangência</b>	<b>Objetividade</b>	<b>Quantitativo</b>	<b>Transparência</b>	<b>Incertezas</b>	<b>Viabilidade</b>
<i>Método</i>	O método consegue lidar com todos os aspectos do manejo?	É possível eliminar a ponderação subjetiva?	O método consegue quantificar os benefícios gerados para a sociedade por real investido?	As partes interessadas conseguem acompanhar o processo de tomada de decisão?	O método consegue lidar bem com incertezas nos dados de entrada?	Os dados necessários para rodar o método podem ser colecionados em menos do que 6 meses?
<i>Árvore de Decisão</i>	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim
<i>Análise Multicritérios</i>	Sim	Não	Não	Não (para casos complexos, com muitos critérios, a subjetividade do método, torne- o menos transparente)	Sim	Sim
<i>Análise de Benefícios Líquidos Ambientais ("Net Environmental Benefit Analysis")</i>	Não (não leva em consideração aspectos socioeconômicos, apenas aspectos ambientais)	Sim (A resposta mostra os caminhos para reduzir custos e aumentar benefícios para a sociedade e a natureza)	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Análise de Custo-benefício (com uma Análise de Equivalência de Habitats incluso)</i>	Sim	Sim (A resposta mostra os caminhos para reduzir custos e aumentar benefícios para a sociedade e a natureza)	Sim	Sim	Sim	Sim

Da **Tabela 10-10**, segue que o único método que atende aos requisitos é a Análise de Custo-Benefício. A ACB é um conjunto de procedimentos para definir e comparar os benefícios e custos (econômicos, sociais e ambientais) associados às decisões de implementar um projeto ou de realizar um investimento específico.

ACB é um instrumento de tomada de decisão relativamente complexo. Quanto mais complexo o instrumento, mais dados são necessários (e conseqüentemente, mais tempo) para a tomada de decisão. Portanto, a ACB somente deveria ser utilizada para casos onde há dificuldade em atingir um consenso. Para casos comparativamente simples, seria possível usar o Processo Simplificado de Tomada de Decisão para identificar a melhor alternativa de manejo.

A principal vantagem da ACB é a sua objetividade. Obviamente, a eliminação total da subjetividade é impossível, mas a definição e medição de critérios com precisão e objetividade permitirá uma análise de custos e benefícios mais profunda e certamente ajudará a obter um consenso entre as partes interessadas caso isto não foi possível utilizando apenas o processo simplificado.

O propósito da ACB no presente contexto é fornecer informação suficiente para mostrar:

- Qual alternativa de manejo é mais benéfica à sociedade;
- Qual alternativa de manejo gera o maior benefício por real gasto (os investimentos); e/ou
- Qual alternativa causa o maior impacto socioeconômico e ambiental.

Para este fim, a ACB apresenta três tipos de resultados:

- Benefícios e custos monetizados (em Reais) onde for possível;
- Benefícios e custos quantificados em suas unidades naturais caso não seja possível expressar as variáveis em termos monetários (por exemplo, uma métrica ecológica que representa as mudanças na função do ecossistema); e
- Benefícios e custos descritos em uma unidade qualitativa caso não seja possível expressar as variáveis em termos monetários ou em unidades naturais (por exemplo, os pesos e notas de uma matriz de decisão).

Na medida do possível, benefícios e custos são expressos em termos monetários e, portanto, são diretamente comparáveis uns com os outros. Além disso, diferentes alternativas de manejo ou tipos de projetos podem ser comparados na mesma base.

Para os resultados tais como mudanças nos serviços ambientais (isto é, funções ecológicas), onde não é razoável quantificar em unidades monetárias (isto é, Reais), a ACB apoia o estabelecimento de compensações para outros serviços ecossistêmicos. Na metodologia proposta, a ACB inclui uma Análise de Equivalência de Habitat (Eng.: “*Habitat Equivalency Analysis*”), um modelo econômico para quantificar as mudanças em serviços ambientais avaliados usando uma métrica ecológica.

A metodologia da ACB é flexível na medida em que o nível de rigor é adaptado para satisfazer o objetivo de apoiar a decisão dentro das limitações de tempo e recursos do contexto de decisão.

As etapas principais propostas a serem aplicadas por área ou subconjunto de áreas podem ser resumidas conforme segue:

1. Revisão das alternativas de manejo e contextos;
2. Alocação de efeitos positivos e negativos;
3. Identificação de efeitos prioritários por área;
4. Coleta e análise de dados; e
5. Interpretação dos resultados.

#### 10.4.1 REVISÃO DAS ALTERNATIVAS DE MANEJO E DOS CONTEXTOS

Como explicado no início desta Seção, todos os níveis de tomada de decisão são acumulativos, ou seja, para chegar neste nível da tomada de decisão, o nível 2, obrigatoriamente tem que passar pelo nível 1. Dessa forma, para cada área que se seguirá para a ACB, já foi definido um conjunto de alternativas de manejo para determinados trechos, contextos ou áreas, e este conjunto já passou pelo Processo Simplificado de Tomada de Decisão. Os custos e benefícios dessas alternativas de manejo serão avaliados por meio da aplicação das etapas da ACB. As mesmas

alternativas do processo simplificado de decisão podem ser utilizadas, ou um subconjunto destas alternativas.

#### 10.4.2 ALOCAÇÃO DE EFEITOS POSITIVOS E NEGATIVOS

Para todas as áreas que chegam no nível 2 da tomada de decisão será realizada uma análise das informações utilizadas durante os estágios anteriores do processo. Além disto, serão levantados os possíveis efeitos positivos e/ou negativos das alternativas de manejo. De preferência, utilizaremos efeitos que podem ser monetizados, tais como: serviços ecossistêmicos, uso de vias navegáveis, infraestrutura, produção agrícola, pesca, fornecimento de energia e impactos considerando as atividades industriais, comerciais e domésticas.

O resultado de um determinado efeito pode ser positivo ou negativo. Os efeitos com um resultado positivo são chamados de “benefícios” e os efeitos com um resultado negativo são chamados de “custos”.

O resultado de um determinado efeito depende de dois fatores:

- As características da área considerada; e
- Alternativas de Manejo.

Considerando os vários tipos de deposição de rejeito identificados na área de estudo (**Tabela 5-1**) como ponto de partida, podemos definir três principais tipos de manejo, com efeitos distintos. Estes três tipos de manejo são nomeados com os seguintes códigos “R”, “C” e “E”:

- A alternativa de manejo “R” envolve a remoção, transporte e disposição de material. Opcionalmente, insumos são trazidos via caminhão (por exemplo, para o reaterramento do local com solo de empréstimo). De forma geral, os riscos e impactos causados pelo manejo do tipo “R” são altos, exigindo medidas de controle.
- A alternativa de manejo “C” não envolve a remoção de material do local, mas envolve a importação de insumos via caminhão (por exemplo, pedras para controle de erosão, solo adubado para o condicionamento físico do solo, ou materiais para o capeamento de sedimentos). Nesse caso, os riscos e impactos causados pelo manejo do tipo “C” são considerados como médios.

- A alternativa de manejo “E” não envolve a remoção de material e nem a importação de insumos por caminhão até o local de interesse, mas pode exigir a aplicação de insumos por outras vias: aplicação manual de sementes e fertilizantes, aplicação de sementes via drones, injeção de produtos químicos para a tratamento in situ de sedimentos, entre outros. Esses riscos e impactos causados pelo manejo do tipo “E” são considerados baixos.

A **Tabela 10-11** descreve as alternativas de manejo e a sua aplicação nos tipos de ambientes de deposição de rejeitos.

**Tabela 10-11. Exemplo de tipologia para a alternativa de manejo e a sua aplicação nos vários tipos de ambientes de deposição de rejeitos. Os três tipos de manejo são identificados pelo código: “R”, “C” ou “E”**

Código da Alternativa de Manejo	Riscos e impactos causados pelo manejo	Depósitos Extra Calha (Tipo I e II)	Depósitos de Calha (Tipo III, IV e V)
R	Alto	Remoção de material consolidado	Remoção de sedimentos
		Reaterramento com solo de empréstimo	
C	Médio	Controle de erosão	Contenção (capeamento) de sedimentos
		Condicionamento físico do solo	
E	Baixo	Estimulação da regeneração da vegetação natural	Estabilização in situ de sedimentos
		Estudo da regeneração natural de vegetação	

A **Tabela 10-12** mostra um exemplo de aplicação de efeitos positivos e negativos relevantes, por tipo de deposição de rejeito e alternativa de manejo, utilizando os códigos “R”, “C” e “E”.

**Tabela 10-12. Exemplo de alocação de efeitos positivos e negativos relevantes para cada categoria identificada, por tipo de deposição de rejeito e tipo de alternativa de manejo**

Categorias	Tipo de deposição de rejeitos (*)											
	Tipo I			Tipo II			Tipo VI			Tipo III, IV, V		
	Tipo de Alternativas de Manejo (**)											
	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E
<i>Agricultura (produtividade)</i>												
<i>Hidrelétrica</i>												
<i>Acesso às propriedades e áreas urbanas</i>												
<i>Gado (produtividade do pasto)</i>												
<i>Saúde (poeira)</i>												
<i>Serviços Ecosistêmicos da APP</i>												
<i>Estética da paisagem</i>												
<i>Valor da propriedade</i>												
<i>Danos por inundação</i>												
<i>Ressuspensão de material detrítico</i>												
<i>Pesca</i>												

Observações:

- Manejo tem efeito positivo
- Manejo tem efeito positivo ou negativo
- Manejo tem efeito negativo

(\*) Tipos de deposição de rejeitos: veja Tabela 5-1

(\*\*) Tipos de alternativas de manejo: veja Tabela 10-11

Neste exemplo, na categoria “Pesca”, foram considerados os efeitos positivos e negativos relevantes em função dos critérios a seguir:

- Alternativas de manejo “R”, “C” ou “E” não consideradas para determinadas deposições de rejeitos e foram deixadas em branco. Por exemplo, neste caso, não é considerada a possibilidade do capeamento das deposições do Tipo I, II ou VI.
- Alternativa de manejo “C” no tipo de deposição Tipo III, IV e V: O capeamento dos rejeitos de calha teria um efeito negativo no número de dias de pesca, em consequência foi considerado como vermelho.

- Alternativa de manejo “E” no tipo de deposição Tipo I: A estabilização de encostas e planícies resultará em menos turbidez, mais peixes e mais dias de pesca, em consequência foi considerado como verde.

A alocação dos efeitos por tipo de depósito de rejeito e alternativa de manejo ajuda a obter uma visão geral dos valores associados para determinados bens.

#### 10.4.3 IDENTIFICAÇÃO DE EFEITOS PRIORITÁRIOS POR ÁREA

Esta etapa envolve uma avaliação dos efeitos levantados no passo anterior, por área, e tem por objetivo:

- A eliminação dos efeitos irrelevantes;
- A eliminação dos efeitos com baixo potencial de diferenciação; e
- A identificação dos efeitos com alto potencial de diferenciação entre as alternativas de manejo.

Para cada área são eliminados os efeitos irrelevantes, ou seja, aqueles que não se aplicam para determinada área. Para cada área são identificados os efeitos comuns e de magnitude similar entre as alternativas de manejo. Estes efeitos não serão avaliados, pois não contribuirão para a diferenciação entre as alternativas. Em seguida, são identificados os efeitos ambientais, sociais e econômicos mais significativos para avaliação.

A **Tabela 10-13** mostra um exemplo da identificação de efeitos irrelevantes, efeitos com baixo potencial de diferenciação e efeitos com alto potencial de diferenciação, para o caso exemplificado apresentado no início desta Seção.

**Tabela 10-13. Exemplo de identificação de efeitos irrelevantes (sem marcação), efeitos com baixo potencial de diferenciação (círculos de borda pontilhada) e efeitos com alto potencial de diferenciação (círculos de borda sólida)**

Categorias	Tipo de deposição de rejeitos (*)											
	Tipo I			Tipo II			Tipo VI			Tipo III, IV, V		
	Alternativas de Manejo (**)											
	R	C	E	R	C	E	R	C	E	R	C	E
<i>Agricultura (produtividade)</i>												
<i>Hidrelétrica</i>												
<i>Acesso às propriedades e áreas urbanas</i>												
<i>Gado (produtividade do pasto)</i>												
<i>Saúde (poeira)</i>												
<i>Serviços Ecosistêmicos da APP</i>												
<i>Estética da paisagem</i>												
<i>Valor da propriedade</i>												
<i>Danos por inundação</i>												
<i>Ressuspensão de material detrítico</i>												
<i>Pesca</i>												

Observações:

- Manejo tem efeito positivo
- Manejo tem efeito positivo ou negativo
- Manejo tem efeito negativo

(\*) Tipos de deposição de rejeitos: veja Tabela 5-1

(\*\*) Tipos de alternativas de manejo: veja Tabela 10-11

Neste exemplo, foi considerado apenas um contexto com deposições de rejeitos dos Tipos I e II (as primeiras duas colunas da tabela, sem considerar Tipos III, IV, V, VI). Para estes tipos de deposições, algumas categorias de benefícios e custos não se aplicam, como, por exemplo, o valor da propriedade nas encostas (Tipo de deposição I), já que a mesma não tem produção agrícola. Por outro lado, pode acontecer que existem outras categorias que são aplicáveis, mas o efeito é semelhante para todos os tipos de alternativa de manejo. Um claro exemplo desta situação são as encostas (Tipo de deposição I), onde a estética da paisagem a longo prazo não depende do tipo de alternativa de manejo.

O resultado desta etapa será apresentado na forma de sumário. A **Tabela 10-14** mostra um exemplo do sumário de efeitos com alto potencial de diferenciação, para o caso exemplificado. Esta tabela foi obtida da **Tabela 10-13**, após a eliminação dos efeitos irrelevantes e efeitos com baixo potencial de diferenciação.

**Tabela 10-14. Exemplo do sumário de efeitos com alto potencial de diferenciação**

Categorias	Tipo de deposição de rejeitos (*)					
	Tipo I			Tipo II		
	Alternativas de Manejo (**)					
	R	C	E	R	C	E
<i>Agricultura (produtividade da cultura)</i>				Amarelo	Amarelo	Amarelo
<i>Serviços Ecosistêmicos da Área de Preservação Permanente (APP)</i>	Amarelo		Amarelo	Amarelo	Amarelo	Amarelo
<i>Valor da propriedade</i>	Verde		Verde	Amarelo	Amarelo	Amarelo
<i>Pesca</i>	Verde		Verde			

Observações:

Verde	Manejo tem efeito positivo
Amarelo	Manejo tem efeito positivo ou negativo
Vermelho	Manejo tem efeito negativo

(\*) Tipos de deposição de rejeitos: veja Tabela 5-1

(\*\*) Tipos de alternativas de manejo: veja Tabela 10-11

Para cada efeito significativo das alternativas de manejo a serem avaliadas, um indicador será selecionado de acordo com os critérios SMART, conforme abaixo:

- **(S)** Específicos – os indicadores precisam ser direcionados para somente um efeito;
- **(M)** Mensuráveis – os indicadores precisam ser confiáveis e consistentemente mensuráveis para indicar o progresso e o alcance de um objetivo específico;
- **(A)** Atingível – os indicadores precisam ser atingíveis considerando esforço e tempo;
- **(R)** Relevantes – os indicadores devem ter uma ligação clara com o efeito e com o potencial de diferenciação entre as alternativas de manejo que interessem; e

- **(T) Prazo** – os indicadores devem ter um prazo definido para o qual um objetivo ou resultado possa ser alcançado.

#### 10.4.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os dados disponíveis e informações relacionadas a cada um dos efeitos determinados no passo anterior seriam avaliados. As lacunas seriam identificadas e os métodos de avaliação para cada efeito seriam selecionados. Nessa etapa serão levantadas informações e dados apropriados para cada efeito, e o método de avaliação selecionado seria aplicado para medir os benefícios e custos relevantes para cada alternativa de manejo definida para uma área.

O objetivo é mensurar as mudanças devidas a cada alternativa de manejo para avaliar a condição "com alternativa de manejo" em relação à condição "sem alternativa de manejo".

Ao identificar quais dados e informações estão disponíveis, é importante lembrar que haverá uma gama de potenciais fontes de informação e que os dados podem ser coletados especificamente para a finalidade de conduzir a ACB. Exemplos de fontes de dados e informações incluem:

- Medição direta;
- Investigações do site e avaliações de risco previamente concluídas;
- Estudos e avaliações de engenharia, incluindo estimativas de custos;
- Estudos e avaliações científicas;
- Relatórios e estudos anteriores de natureza similar (de outros lugares);
- Estudos de planejamento e zoneamento;
- Workshops e relatórios sobre o envolvimento das partes interessadas;
- Agências governamentais para características demográficas e estatísticas;
- Relatórios do mercado de imóveis residenciais, comerciais e industriais; e
- Estudos de organizações Não-governamentais (ONG).

Identificar e localizar fontes adequadas de informação requer a participação de engenheiros, economistas, cientistas e outros especialistas. A coleta de dados é

focada nos contextos identificados na seção anterior, ou seja, grande parte dos parâmetros necessários para um determinado contexto seriam idênticos ou oriundos da mesma fonte de informação.

A **Tabela 10-15** apresenta exemplos de dados necessários para uma Análise de Custo-Benefício em uma determinada área afetada.

**Tabela 10-15. Exemplos de dados necessários para uma Análise de Custo – Benefício, para uma determinada área afetada.**

Dados	Fonte
<i>Área objeto da avaliação</i>	Google, GIS, Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Dados de campo
<i>“Footprint” das várias tecnologias de restauração aplicadas em cada alternativa de manejo</i>	Google, GIS, Cadastro Ambiental Rural (CAR) e Dados de campo
<i>Custo do planejamento (+/- 30%) de cada alternativa de manejo</i>	Elaboração de um projeto conceitual e custos que serão estimados, utilizando o conhecimento atual dos custos unitários.
<i>Cronograma de cada alternativa de manejo</i>	Específico, com base na alternativa
<i>Na fase de planejamento, considerar as Informações existentes sobre acesso e disponibilidade das áreas previstas para serem usadas para disposição do rejeito ou empréstimo de material, bem como as suas características.</i>	Conforme definido no modelo conceitual e estudos preliminares em andamento.
<i>Para alternativas de manejo que possivelmente resultarão na ressuspensão de sedimentos, é necessário conhecer as características antecipadas (nível esperado de turbidez, dada uma alternativa de manejo)</i>	Com base em informações de relatório e estudos anteriores, bem como, estudos adicionais como de modelagem hidráulica.
<i>Produção pecuária, receita e custos de produção na área objeto da avaliação (original e atual)</i>	Obtido a partir do Cadastro Ambiental Rural (CAR), e outras fontes disponíveis. Alinhamento dessa informação com outros programas socioeconômicos em andamento.
<i>Tipo de culturas e rendimentos, receitas e custos de produção na área objeto da avaliação (original e atual)</i>	Obtido a partir do Cadastro Ambiental Rural (CAR), e outras fontes disponíveis. Alinhamento dessa informação com outros programas socioeconômicos em andamento
<i>Avaliação da qualidade dos habitats e sua evolução ao longo do tempo considerando as diferentes alternativas de manejo.</i>	Combinação de dados locais, dados de especialistas (universidades locais e institutos de pesquisa) e literatura.

Dados	Fonte
<i>Informações sobre pesca comercial, recreativa e de subsistência (original e atual).</i>	Alinhamento dessa informação com outros programas socioeconômicos em andamento.
<i>Valor monetário dos serviços ambientais das áreas de preservação permanente e planícies de inundação.</i>	Dados da literatura, corrigidos para a moeda local e renda média local.
<i>Valor do peixe.</i>	Informações locais e da literatura.
<i>Mudança no valor da terra associado ao evento.</i>	Informações locais de agências imobiliárias, bem como literatura.
<i>Dados de concentração química e quaisquer estudos de avaliação de risco / toxicidade.</i>	Investigações ambientais já realizadas.
<i>Informações relacionadas à qualidade do ar (partículas).</i>	Informações de relatórios já elaborados.
<i>Avaliação de oportunidades para criar acesso, habitat naturais (áreas de preservação ambiental) ou usos que seriam valorizados pela população local.</i>	Participação das comunidades locais, alinhamento com os outros programas em andamento.

A **Tabela 10-16** mostra um exemplo de fontes de dados de entrada da Análise de Custo-Benefício para o caso exemplificado apresentado neste capítulo.

**Tabela 10-16. Exemplo de fontes dos dados de entrada da Análise de Custo-Benefício**

Resultados	Categoria	Efeito	Fonte
<i>Benefícios</i>	Serviços Ecosistêmicos da APP	Valores monetários	Literatura
		Nível atual de regeneração	Observações em campo
		Período de recuperação	Literatura
	Valor da produção agrícola	Produtividade por hectare atual	Proprietários
		Produtividade por hectare anterior ao evento	Proprietários, literatura, dados do governo
	Valor de propriedade	Aumento no valor das propriedades vizinhas	Mercado imobiliário
<i>Custos</i>	Todas	Investimentos	Estimativa de engenharia com erro de +/- 30%
		Manutenção	Estimativa de engenharia com erro de +/- 30%

Resultados	Categoria	Efeito	Fonte
		Emissões de gases efeito estufa	Usar ferramentas existentes (e.g., SiteWise®)
	Pesca	Impacto nos dias de pesca, devido à alternativa de manejo	Estimativa de custo de criação de peixe mais a renda obtida da pesca durante o período de recuperação.

#### 10.4.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Conforme explicado no início, a ACB apresenta três tipos de resultados:

- Benefícios e custos monetizados (em Reais) onde for possível;
- Benefícios e custos quantificados em suas unidades naturais, caso não seja possível expressar as variáveis em termos monetários (por exemplo, uma medida ecológica que representa as mudanças na função do ecossistema); e
- Benefícios e custos descritos em uma unidade qualitativa, caso não seja possível expressar as variáveis em termos monetários ou em unidades naturais (por exemplo, os pesos e notas de uma matriz de decisão).

Para cada área, os resultados monetizados seriam expressos em termos do *Valor Líquido Presente* (VLP). O período considerado para calcular o VLP pode levar em consideração a fase de operação e manutenção, bem como a fase inicial de implementação da solução. Para isso, seria necessário estabelecer as datas de início e de término das ações corretivas e avaliar o fluxo de benefícios e custos ao longo do programa de manejo.

A **Tabela 10-17** mostra um exemplo dos resultados para os benefícios e custos monetizados para o caso exemplificado, apresentado no início desta Seção. Os valores nesta tabela são meramente ilustrativos e o balanço final encontra-se apresentado na **Tabela 10-18**.

**Tabela 10-17. Exemplo dos resultados para os benefícios e custos monetizados**

Resultado	Categoria / Efeito	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
<i>Benefícios</i>	Serviços ecossistêmicos da APP	R\$ 345.000	R\$ 345.000	R\$ 69.000
	Valor da produção agrícola	R\$ 200.000	R\$ 145.000	R\$ 52.000
	Aumento no valor da propriedade	R\$ 100.000	R\$ 90.000	R\$ 2.000
	<b>Total</b>	<b>R\$ 645.000</b>	<b>R\$ 580.000</b>	<b>R\$ 123.000</b>
	<b>VLP (taxa de depreciação de 3%)</b>	<b>R\$ 477.000</b>	<b>R\$ 430.000</b>	<b>R\$ 85.000</b>
	<b>VLP (taxa de depreciação de 7%)</b>	<b>R\$ 346.000</b>	<b>R\$ 311.000</b>	<b>R\$ 56.000</b>
<i>Custos</i>	Investimentos	R\$ 3.750.000	R\$ 900.000	R\$ 150.000
	Manutenção	R\$ 90.000	R\$ 120.000	R\$ 180.000
	Emissões de gases efeito estufa	R\$ 300.000	R\$ 195.000	R\$ 9.000
	Impacto nos dias de pesca, devido ao manejo	R\$ 20.000	R\$ 7.800	\$ -
	<b>Total Custos</b>	<b>R\$ 4.160.000</b>	<b>R\$ 1.222.800</b>	<b>R\$ 339.000</b>
	<b>VLP (taxa de depreciação de 3%)</b>	<b>R\$ 4.096.000</b>	<b>R\$ 1.195.800</b>	<b>R\$ 317.000</b>
	<b>VLP (taxa de depreciação de 7%)</b>	<b>R\$ 4.017.000</b>	<b>R\$ 1.165.800</b>	<b>R\$ 292.000</b>

**Tabela 10-18. Exemplo de resumo dos benefícios e custos monetizados**

Resumo	Item	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
<i>Taxa de depreciação 3%</i>	VLP	-R\$ 3.619.000	-R\$ 765.800	-R\$ 232.000
	Razão Benefícios – Custos	0,1	0,4	0,3
<i>Taxa de depreciação 7%</i>	VLP	-R\$ 3.671.000	-R\$ 854.800	-R\$ 236.000
	Razão Benefícios - Custos	0,1	0,3	0,2

Os efeitos monetizados refletem como vários tipos de manejo afetam aspectos relevantes do ponto de vista social, ambiental e econômico (por exemplo, “dias de pesca”). Porém, nem todo valor “ambiental” pode ser expressado em valores monetários. Um ecossistema tem um valor existencial como habitat, diferenciado do valor que as pessoas associam a esse ecossistema, por isso, precisamos também considerar o valor do habitat, expresso em unidades naturais. Por exemplo, o método

de Análise de Equivalência de Habitat define ganhos e perdas nos serviços ecossistêmicos ao longo do tempo. A Análise de Equivalência de Habitat (*Habitat Equivalence Analysis*) usa a unidade natural “valor dos serviços ecossistêmicos / ha / ano”. Este valor também pode ser expresso em termos do VLP. Desta forma, os ecossistemas que são restaurados mais cedo gerarão maior VLP do que os ecossistemas onde as ações são adiadas.

O valor dos serviços / ha / ano é multiplicado pela área e corrigido pela taxa de depreciação, para obter o VLP. Desta vez, o VLP não será em Reais, mas na unidade natural “Serviços Ecossistêmicos” (SES). O valor do SES depende de indicadores como forma do relevo, cobertura vegetal, uso do solo, tipo de vegetação e estágio de regeneração e configuração da paisagem.

A **Tabela 10-19** mostra o valor do SES para cada alternativa de manejo do caso exemplificado. Os valores do SES neste exemplo são meramente ilustrativos. Observa-se que os valores para as alternativas A e C são relativamente baixos quando comparados com a Alternativa B. Suponhamos que o valor baixo da Alternativa A foi causado na área de destinação do rejeito, enquanto o valor baixo da Alternativa C foi causado pelo valor ecossistêmico baixo do processo de revegetação natural (sem intervenção).

**Tabela 10-19. Exemplo dos resultados para os benefícios e custos expressos em unidades naturais**

Alternativa A (SES)	Alternativa B (SES)	Alternativa C (SES)
10	31	9

As conclusões do ACB para o caso exemplificado são:

- Benefícios e Custos Monetizados
  - Para todas as alternativas de manejo, o custo é maior do que o benefício;
  - A menor perda acontece para a alternativa de manejo C; e
  - Para todas as taxas de depreciação, a alternativa de manejo B apresenta a maior razão entre benefícios e custos.
- Análise de Equivalência de Habitat (AEH).

- O AEH indica que a Alternativa B apresenta o maior benefício em termos de serviços ecossistêmicos.

Ou seja, neste exemplo a melhor alternativa é B, tanto segundo os efeitos monetizados, quanto pelos efeitos expressos em unidades naturais.

## 11 APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO

O Plano de Manejo de Rejeito deverá ser aplicado nos 17 trechos previstos nesse documento. Para a aplicação do Plano, será necessário, em linhas gerais, realizar as seguintes atividades:

1. Levantamento e análise dos estudos preexistentes relativos ao trecho avaliado;
2. Interface com os programas socioambientais em andamento, com os quais o Plano de Manejo de Rejeito de rejeito tenha influência ou vice e versa;
3. Diagnóstico e caracterização ambiental detalhada do trecho com atividades de campo para a coleta e análise de amostras do rejeito nas encostas, planícies aluvionares, margens e calha do rio e estimativa do volume depositado;
4. Avaliação das ações implementadas;
5. Incorporação dos resultados dos estudos complementares que ocorreram paralelamente as atividades de aplicação do Plano;
6. Aplicação do processo de tomada de decisão (simplificado e ACB); e
7. Implementação e monitoramento das alternativas de manejo selecionadas (uma vez realizada a avaliação governamental da proposta apresentada e a Comunicação aos proprietários).

Após a definição/seleção das alternativas de manejo, serão elaborados os projetos conceituais/básicos e executivos que serão devidamente encaminhados para a avaliação governamental e, posteriormente, a consulta ao proprietário. O detalhamento do gerenciamento do Manejo do Rejeito está descrito no **Fluxograma 4-1**.

Após a implementação das ações de manejo, será realizado o monitoramento das alternativas, nesse caso foram previstos indicadores para esse acompanhamento, da mesma forma que esses indicadores na medida do possível já estejam alinhados com os monitoramentos existentes.

A aplicação do Plano ocorrerá por trechos, onde serão emitidos Volumes específicos para cada trecho, bem como a consolidação ao final de todos. Os Volumes serão incorporados ao Plano de Manejo, que seguirá para as devidas aprovações.

### 11.1 COLETA DE DADOS E ESTIMATIVA DE DEPOSIÇÃO DE REJEITOS

O Plano de Manejo de Rejeito de Rejeito tem abrangência considerando todos os tipos de depósitos de rejeito identificados na área impactada:

- Depósitos extra calha (encostas, planícies aluvionares e margens), cuja remobilização natural se dá por processos de erosão pluvial; e
- Depósitos na calha dos rios, cuja movimentação é comandada pela dinâmica fluvial.

A decisão quanto à alternativa de manejo mais adequada a ser implementada em uma determinada unidade de análise pode ser alterada em função do volume de rejeito depositado. Em função disso, será necessário realizar uma estimativa da deposição do rejeito em cada unidade de análise, a qual dependerá fundamentalmente de:

- Superfície do terreno pós-evento;
- O perímetro da área impactada; e
- A espessura do rejeito depositado o qual deve ser estimado com base nas sondagens a serem realizadas no campo.

Entende-se ser necessário a coleta de dados adicionais sobre a quantidade de rejeito depositado ao longo do curso dos diferentes rios afetados pelo rompimento da Barragem de Fundão. A coleta destes dados visa complementar o Mapeamento do Meio Físico e fornecer dados suficientes para a tomada de decisão.

Aproximadamente, 640 km de rio foram impactados, desde o local do rompimento da Barragem de Fundão até a foz do Rio Doce no Oceano Atlântico. Para a seleção dos pontos de amostragem, a fim de garantir uma correta representatividade do rejeito depositado, devem ser considerados os seguintes critérios:

- Geomorfologia dos trechos do rio que favorecem a deposição de sedimentos em calha;
- Distribuição espacial dos pontos ao longo do rio;
- Acesso ao ponto por parte da equipe de amostragem;

- Presença de banco de sedimentação (na margem ou ilhas) através da identificação por fotos aéreas; e
- Presença de estruturas antrópicas que poderiam aumentar a sedimentação na calha do rio (ex. hidrelétricas, barragem, entre outros).

Para as atividades de campo deve ser considerada a utilização de pontos de coleta em transectos transversais ao rio para se avaliar as características do rejeito e sua espessura em pontos nas planícies de inundação (extracalha), desde a margem com o rio até a sua vertente, assim como coletar amostras para a caracterização e espessura dentro da calha do rio nos bancos e dentro de leito.

A utilização destes transectos visa avaliar as duas laterais do rio (margem, planície de inundação e encosta), assim como a calha (intracalha), avaliando a variabilidade espacial muitas vezes encontrada uns pontos próximos um do outro, ou de uma margem a outra. Outra vantagem da utilização dos transectos é que os resultados fornecerão dados de uma seção do rio onde poderá ser estimada quantidade de rejeito possibilitando comparar e extrapolar os resultados entre as diferentes seções para o cálculo da estimativa de volume de rejeito em cada um dos trechos avaliados.

Em cada uma das sondagens será feita uma perfilagem e descrição do material encontrado, identificando o rejeito lavado, rejeito não estabilizado e o solo/sedimento natural da área. O solo/sedimento natural da área será o nível inferior a ser utilizado como plano base e deve ser utilizado para definir o plano pré-evento.

A diferença entre a superfície pós-evento e pré-evento dentro do perímetro da área impactada fornece o volume de rejeito depositado para uma determinada unidade de análise. Além disso, considerando a área de abrangência do Plano de Manejo de Rejeito, a estimativa do volume deve ser realizada por separado para os depósitos extra calha (encostas e planícies aluvionares) e depósitos na calha dos rios.

## 11.2 INDICADORES DE MANEJO

O entendimento da Fundação Renova, é que os indicadores a serem considerados no Plano de Manejo de Rejeito incorporem os seguintes aspectos:

- a) Indicadores de outros programas definidos pela TTAC e que possuem interface com o Manejo de Rejeito;
- b) Planos e Programas de monitoramentos já em andamento que visam acompanhar ao logo do tempo os impactos causados, bem como a eficácia das ações de intervenção já realizadas; e
- c) Indicadores específicos do acompanhamento das ações e alternativas de manejo que serão executadas, conforme a metodologia de tomada de decisão descrita anteriormente.

Os indicadores do Programa de Manejo de Rejeito (PG23) estão em fase de elaboração. Dessa forma, esse Plano considera, nesse momento, uma versão ainda preliminar que será revisada no decorrer do processo de sua aplicação.

### 11.2.1 PROGRAMAS COM INTERFACE AO PG 23

O Plano de Manejo de Rejeito possui uma interface e correlação com, no mínimo, 3 programas de forma direta:

#### PG 17: Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias

- Este programa tem por objetivo promover a retomada das atividades agropecuárias dos produtores impactados ao longo da Calha do Rio Doce, conforme as Cláusulas 124 a 128 do TTAC.

#### PG 25: Restauração Florestal e Produção de Água

- Programa de recuperação da ÁREA AMBIENTAL 1 nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado, incluindo biorremediação, englobando medidas de cunho reparatório.
- Programa de recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas de recarga da Bacia do Rio Doce com controle de processos erosivos, de acordo com as medidas e requisitos de cunho compensatório.

## PG 28: Conservação da Biodiversidade

- Programa de conservação da biodiversidade aquática, incluindo água doce, zona costeira e estuarina e área marinha impactada, englobando as medidas de cunho reparatório
- Programa de fortalecimento das estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre, englobando as medidas de cunho compensatório
- Programa de conservação da fauna e flora terrestre de cunho reparatório
- Programa de investigação e monitoramento da Bacia do Rio Doce, áreas estuarina, costeiras e marinha impactadas, englobando as medidas de cunho reparatório e compensatório

Dessa forma, tão logo os Programas mencionados apresentem os indicadores propostos, esses deverão ser incorporados no presente documento.

### *11.2.1.1 Planos e Programas de Monitoramento Existentes*

Com relação aos planos e programas de monitoramentos existentes, conforme a Cláusula 178 do TTAC, que especifica: “(...) a FUNDAÇÃO deverá planejar e implementar um plano de monitoramento quali-quantitativo das águas do Rio Doce e seus tributários, em função das intervenções da FUNDAÇÃO que vierem a ser realizadas para **detectar, acompanhar e registrar eventuais impactos** de intervenções estruturais implementadas pela FUNDAÇÃO na ÁREA AMBIENTAL 1, para atender operações de remoção ou recuperação ambiental de áreas ou trechos do Rio Doce e sua planície de inundação, tais como dragagens e remoção de resíduos e demais intervenções decorrentes deste Acordo.”

Adicionalmente, os indicadores devem estar de acordo e alinhados aos requisitos mínimos dos programas vigentes de monitoramento da qualidade de água e sedimento, e da regeneração da vegetação em áreas em reabilitação. São eles:

- Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA (Deliberação CIF nº 17), Nota Técnica nº 08, com a Proposta de conteúdo mínimo do PMQQS;
- Deliberação CIF nº 17, Seção VII - Plano de Monitoramento Quali-Quantitativo de Vigilância para Avaliação de Impactos (PMQQVAI);

- Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS); e
- Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimentos do Programa de Monitoramento das Intervenções. Anexo D do PMQQS.

O principal instrumento de monitoramento da qualidade das águas e sedimentos é o PMQQS (**Anexo III**). O PMQQS tem por objetivo monitorar em caráter permanente a recuperação da bacia hidrográfica do rio Doce e zonas costeira e estuarina adjacentes, por meio da coleta de dados de qualidade das águas e sedimentos que permitam avaliar a efetividade das intervenções permanentes realizadas.

No escopo do PMQQS, em obediência ao Ofício nº 38/2016/AP-GF-ANA, o Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimento do Programa de Monitoramento das Intervenções (Anexo D do PMQQS) contempla o conteúdo mínimo para o monitoramento dos impactos das intervenções na área situada entre a mina da Samarco e o reservatório da barragem de Candonga. Este Plano definiu um programa de monitoramento com 145 pontos no trecho. Destes locais, fazem parte os pontos definidos nas determinações da Deliberação CIF nº 17 e da Nota Técnica 08 da Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade da Água (CTSHQA), sendo os parâmetros de qualidade de água e sedimento definidos como:

- Água: Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos e bacteriológicos; e
- Sedimento: Parâmetros físico-químicos e biomonitoramento de macro invertebrados bentônicos.

O Plano de Manejo de Rejeito deve estar adaptado aos monitoramentos listados acima, com a inclusão dos novos indicadores e parâmetros discutidos a seguir.

Para as intervenções realizadas no âmbito do Programa de Restauração Florestal e Produção de Água (PG25) já foram definidos monitoramentos específicos visando avaliar a eficácia das ações implantadas. Nesse sentido, os seguintes indicadores já foram estipulados e estão sendo monitorados com base no Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias. Seguem os indicadores:

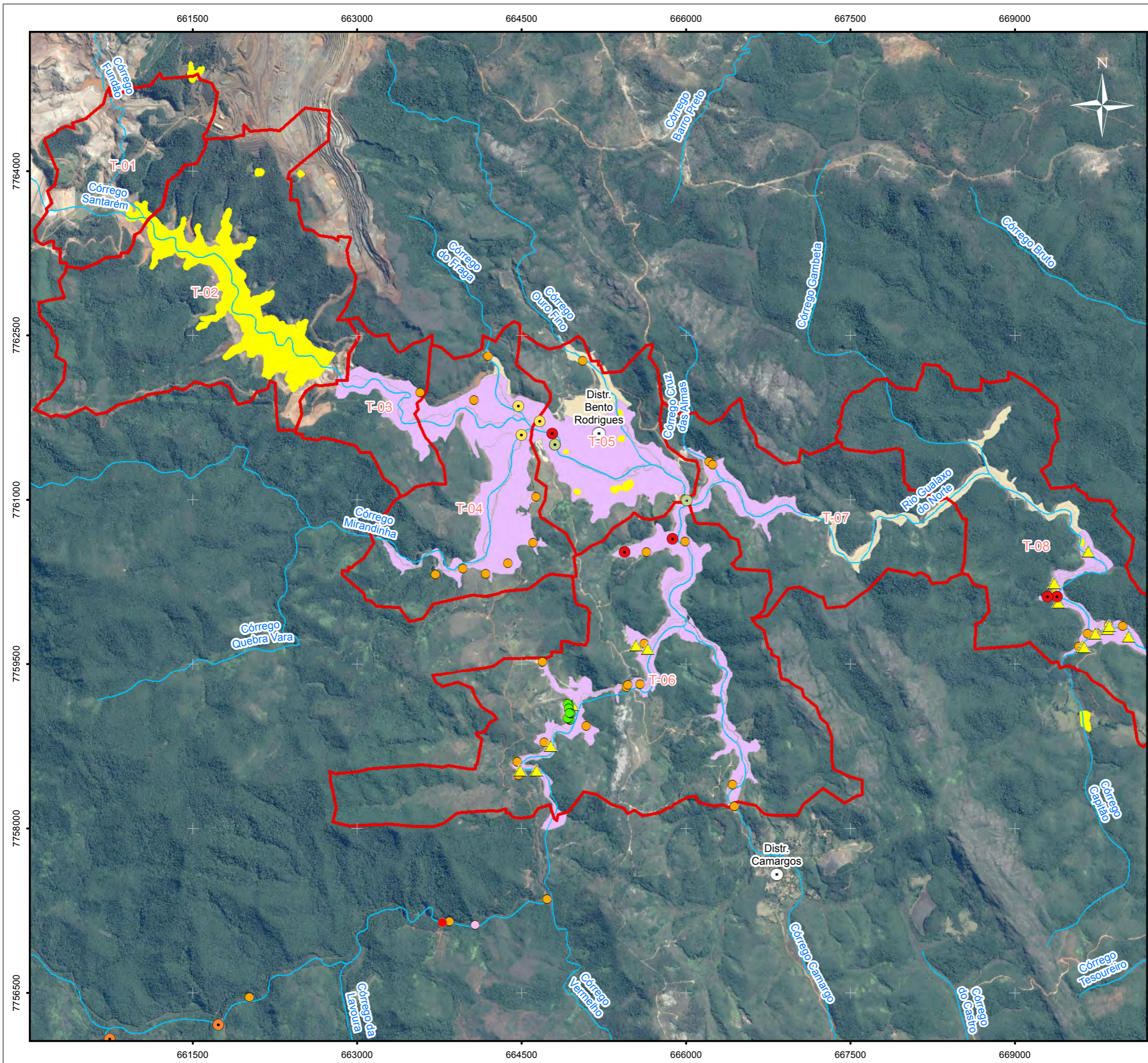
- Monitoramento da Vegetação
  - Percentual de cobertura vegetal
  - Produção de biomassa vegetal
  - Avaliação do sistema radicular
  - Avaliação de parâmetros do solo
- Monitoramento do Controle de Erosão
  - Sedimentação em estruturas de contenção
  - Taxas de erosão em planícies de inundação
  - Avaliação da erosão nas margens e deposição nas calhas
- Monitoramento da qualidade da água
  - Avaliação de parâmetros físico-químicos

Em linhas gerais, segue o status de cada programa ou plano proposto, conforme informado pela Fundação Renova:

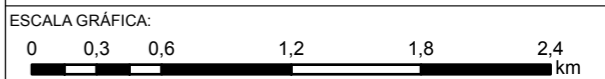
- PMQQS (inclui o monitoramento hídrico do TTAC) – início previsto em agosto/17.
- PMQQVAI – início previsto em setembro/17.
- Biodiversidade – a avaliação da biodiversidade aquática está em andamento. Este monitoramento foi iniciado em 21/04/2017 e abrange um trecho de aproximadamente 670 km dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, totalizando 41 pontos. Para tanto, são realizadas coletas mensais de ictiofauna, macroinvertebrados aquáticos, fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e ictioplâncton (a ser realizada somente no período chuvoso, quinzenalmente).
- Monitoramento de intervenções Golder – a empresa iniciou os trabalhos de monitoramento contratualmente para a Samarco em 26/12/2016 e, posteriormente, o contrato migrou para a Fundação Renova em 01/04/2017. A 1ª campanha de campo relativa aos trabalhos de monitoramento da vegetação foi realizada ainda no contrato com a Samarco, entre os dias 06 e 21/03/2017. Já os trabalhos de monitoramento do controle de erosão tiveram seu início em meados de janeiro de 2017 com o monitoramento das estacas graduadas em estruturas de contenção. Em relação ao monitoramento das taxas de erosão, as parcelas começaram a ser

construídas em janeiro de 2017 e os dados começaram a ser coletados em abril de 2017.

Os planos e programas de monitoramento existentes encontram-se apresentados na **Figura 11-1**.



- LEGENDA:**
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Curso d'Água
  - Lagoas
  - Área Prioritária (Golder)
  - Área Não Prioritária (Golder)
  - Ponto Monitoramento Parcela Biomassa
  - ▲ Ponto Monitoramento das Intervenções Prioritárias (Golder) - Iniciado
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQQS) – previsto para iniciar em set/17
  - Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
  - PMQQVAI – previsto para iniciar em out/17
- Plano de Monitoramento**
- Dique S4
  - Dique S3 e Rio do Carmo
  - Novo Bento
  - Turbidez/Tributarios



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

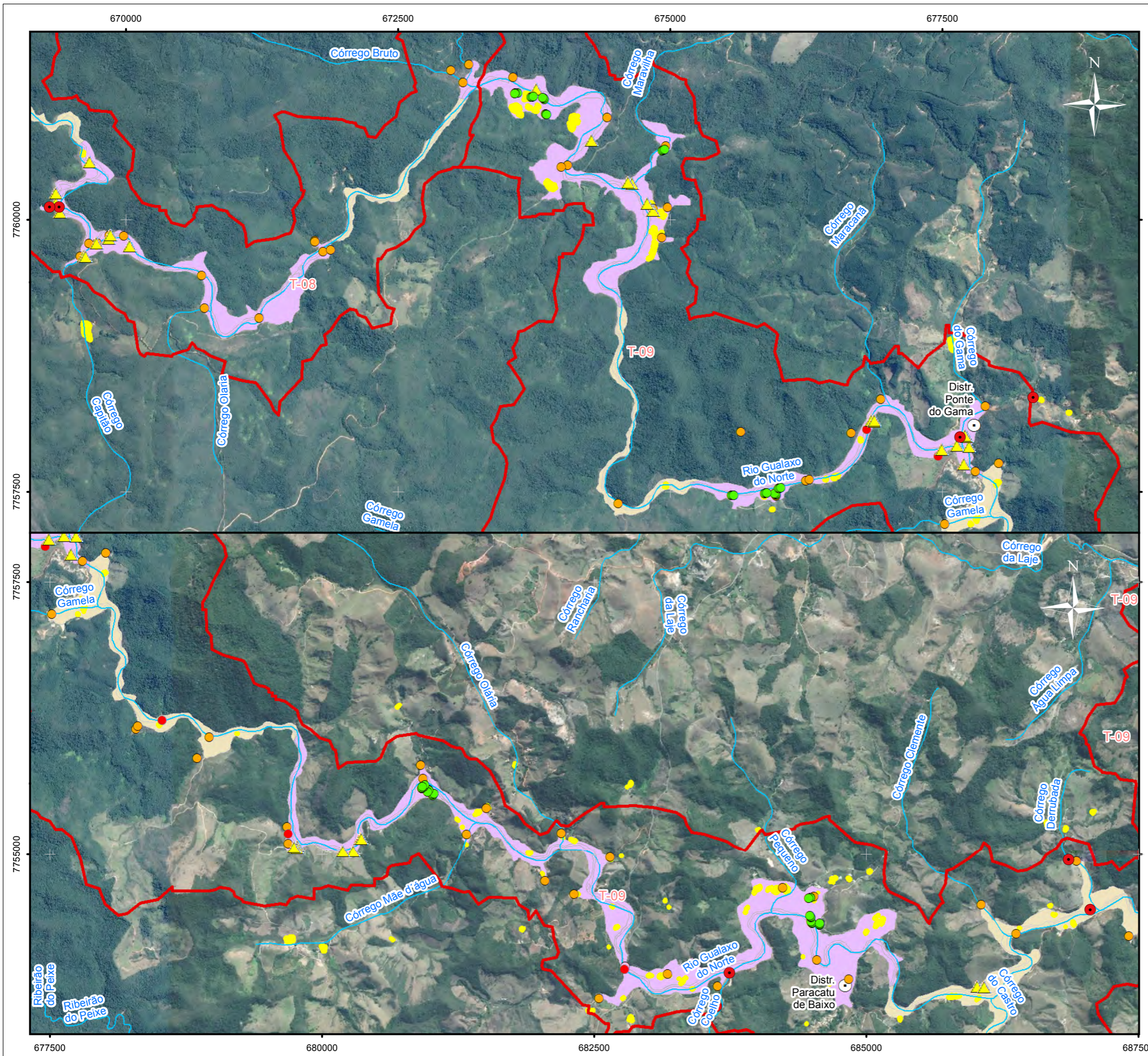
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder



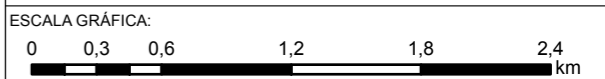
TÍTULO:  
**Figura 11.1-A  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA: 1:35.000	DATA: 30/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: AG	APROV.: AG	REV.: RA0
---------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------



- LEGENDA:
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Curso d'Água
  - Lagoas
  - Área Prioritária (Golder)
  - Área Não Prioritária (Golder)
  - Ponto Monitoramento Parcela Biomassa
  - ▲ Ponto Monitoramento das Intervenções Prioritárias (Golder) - Iniciado
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQQS) – previsto para iniciar em set/17
  - Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
  - PMQQVAI – previsto para iniciar em out/17
- Plano de Monitoramento
- Turbidez/Tributários



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

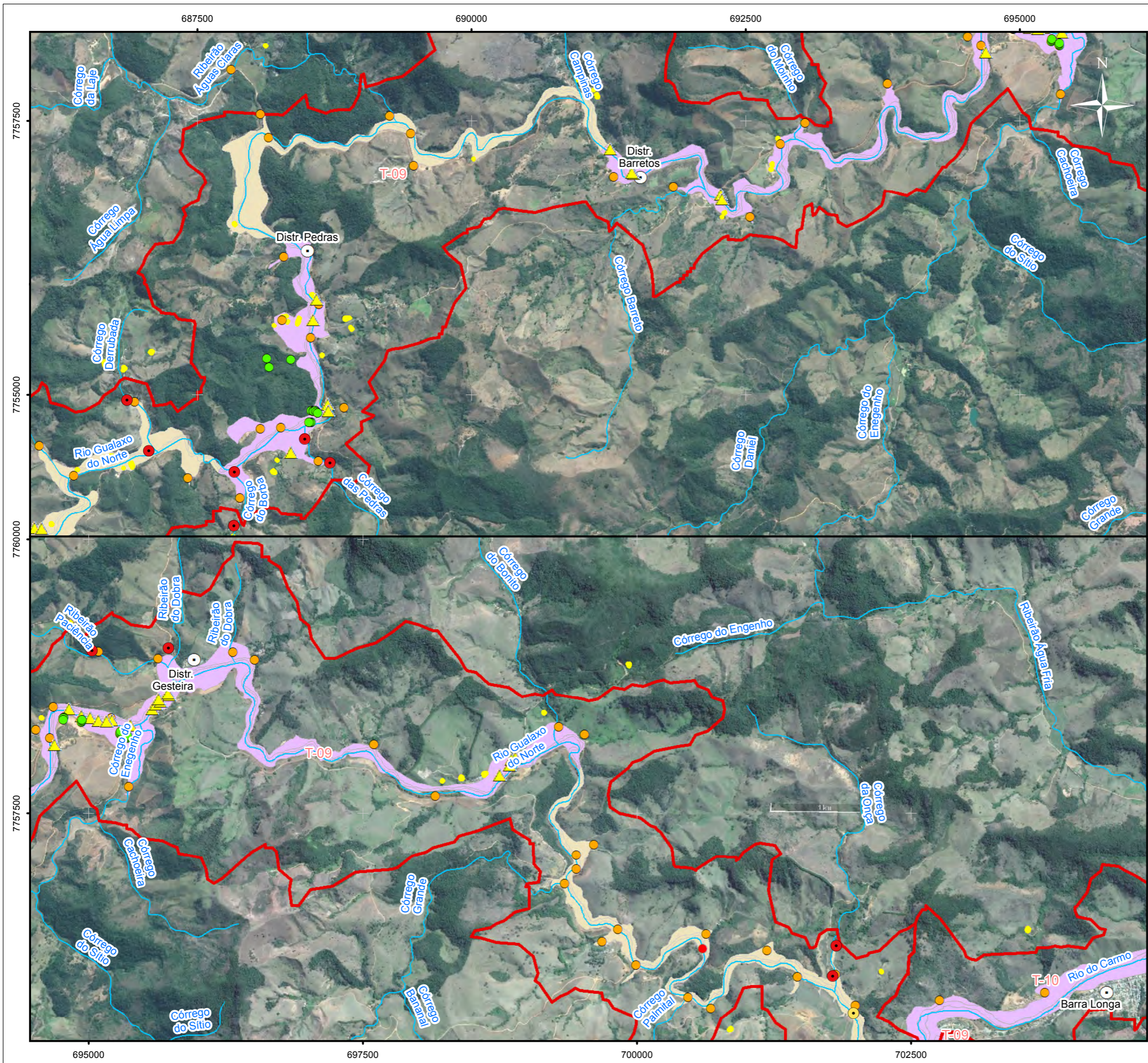
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder



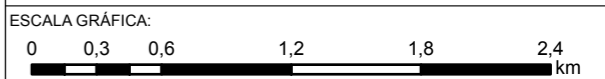
TÍTULO:  
**Figura 11.1-B  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:35.000	30/07/2017	rutima	AG	AG	RA0



- LEGENDA:
- Municipios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Curso d'Água
  - Lagoas
  - Área Prioritária (Golder)
  - Área Não Prioritária (Golder)
  - Ponto Monitoramento Parcela Biomassa
  - ▲ Ponto Monitoramento das Intervenções Prioritárias (Golder) - Iniciado
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQQS) – previsto para iniciar em set/17
  - PMQQVAI – previsto para iniciar em out/17
- Plano de Monitoramento
- Dique S3 e Rio do Carmo
  - Turbidez/Tributarios



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

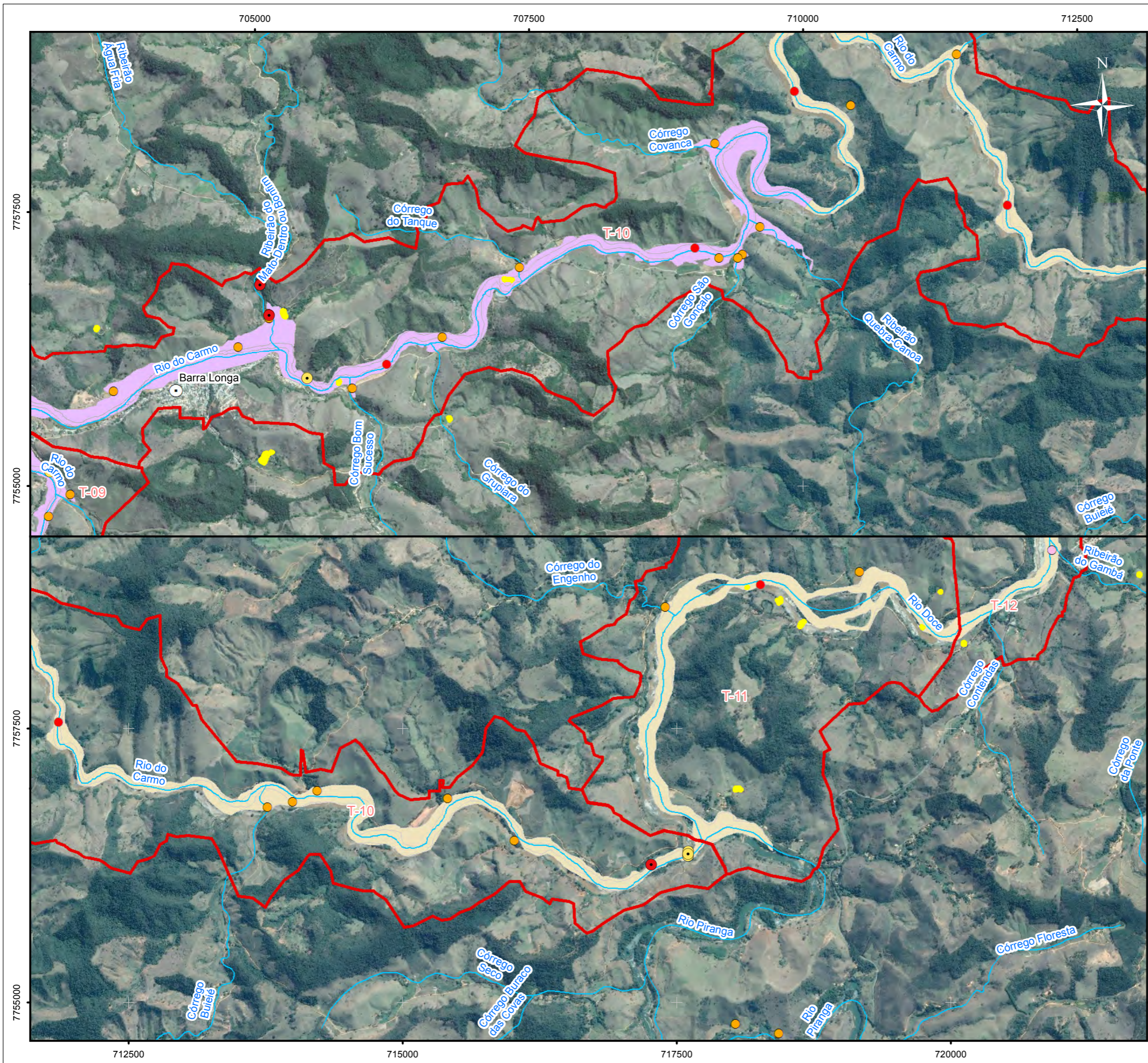
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder



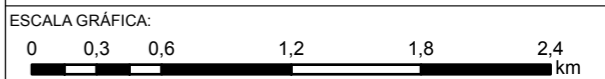
TÍTULO:  
**Figura 11.1-C  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA: 1:35.000	DATA: 30/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: AG	APROV.: AG	REV.: RA0
---------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------



- LEGENDA:**
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Curso d'Água
  - Lagoas
  - Área Prioritária (Golder)
  - Área Não Prioritária (Golder)
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQQS) – previsto para iniciar em set/17
  - Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
  - PMQVAI – previsto para iniciar em out/17
- Plano de Monitoramento**
- Dique S3 e Rio do Carmo
  - Turbidez/Tributários



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

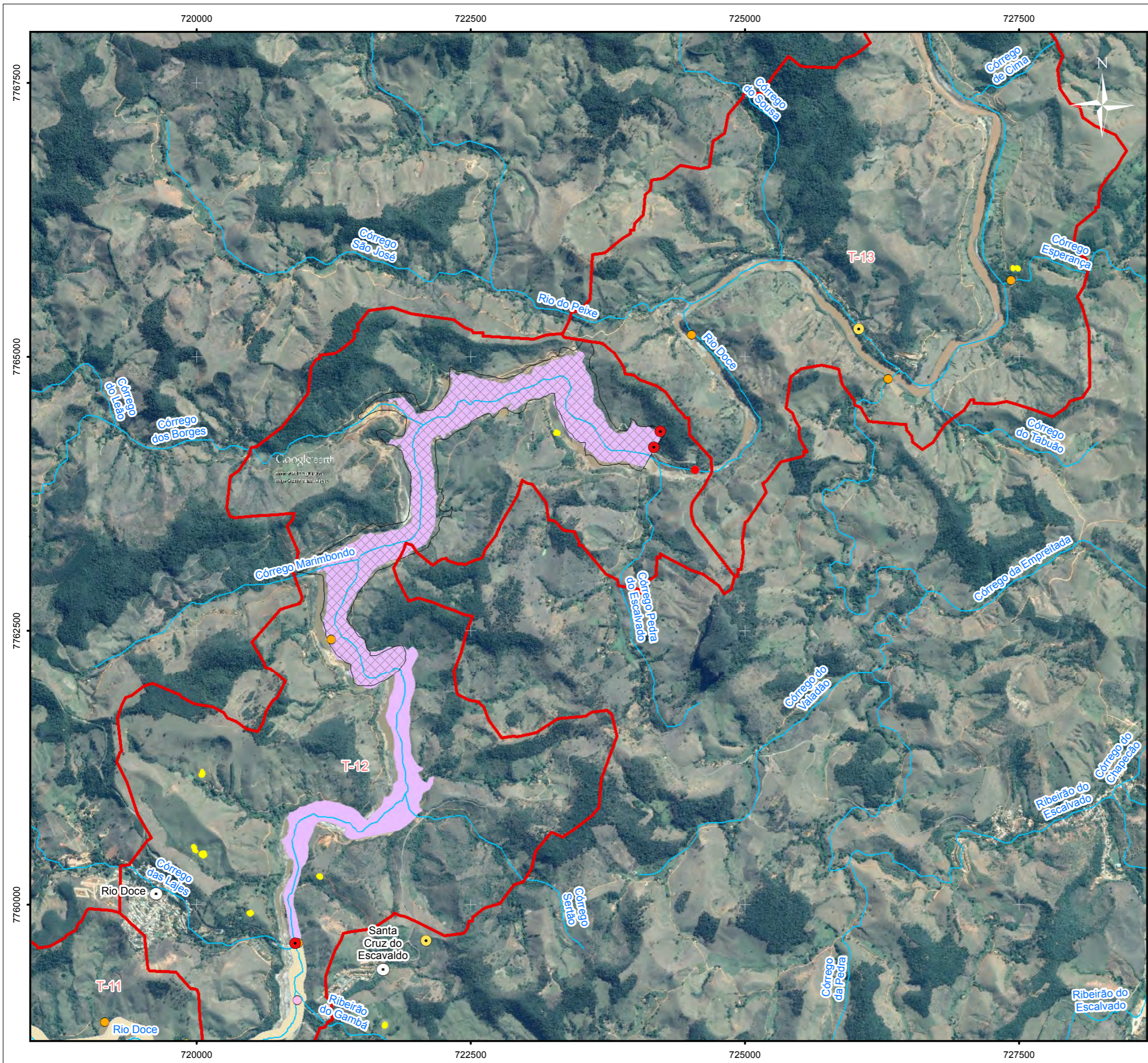
REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder



TÍTULO:  
**Figura 11.1-D  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes**

PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:35.000	30/07/2017	rutima	AG	AG	RAO

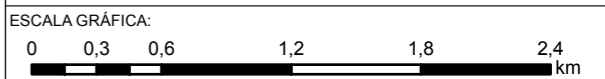


**LEGENDA:**

- Municípios / Distritos Afetados
- ▭ Área de Abrangência
- ▨ Reservatório Candongas
- Curso d'Água
- Lagoas
- Área Prioritária (Golder)
- Área Não Prioritária (Golder)
- Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQSQ) – previsto para iniciar em set/17
- Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
- PMQQVAI – previsto para iniciar em out/17

**Plano de Monitoramento**

- Dique S3 e Rio do Carmo
- Turbidez/Tributários



**NOTAS:**  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

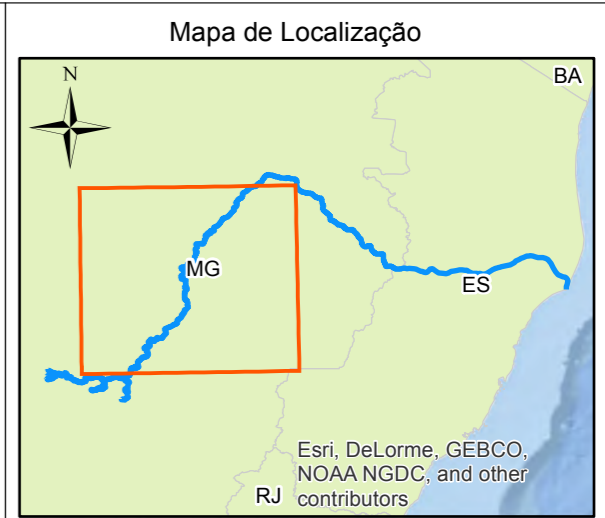
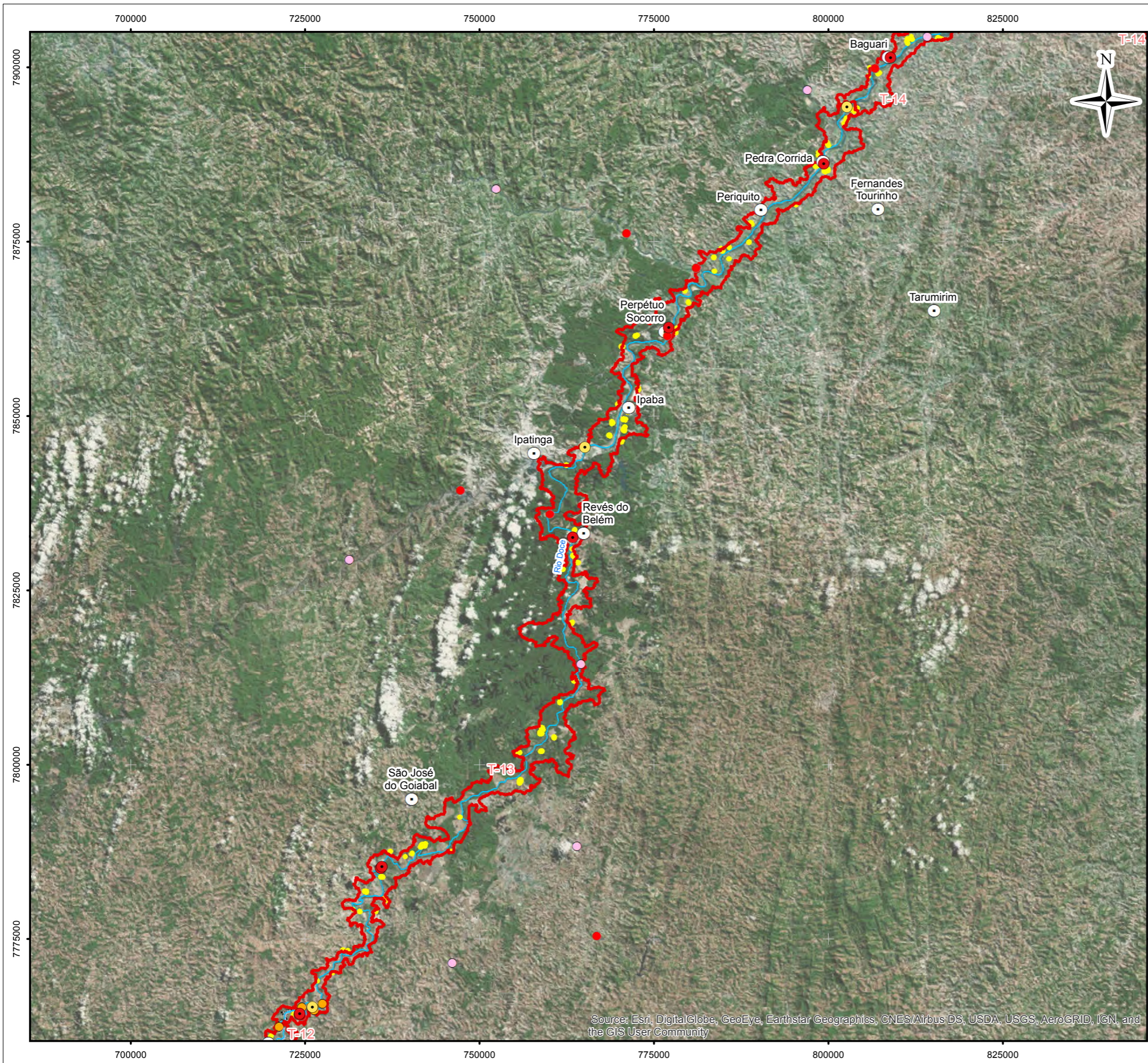
**REFERÊNCIA:**  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder

**ch2m**

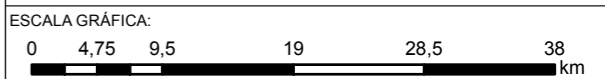
**TÍTULO:**  
Figura 11.1-E  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes

**PROJETO:** Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:35.000	30/07/2017	rutima	AG	AG	RAO



- LEGENDA:**
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Lagoas
  - Curso d'Água
  - Área Prioritária (Golder)
  - ▨ Reservatório Candongas
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQQS) – previsto para iniciar em set/17
  - Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
  - PMQQA – previsto para iniciar em out/17
- Plano de Monitoramento**
- Dique S3 e Rio do Carmo
  - Turbidez/Tributários



**NOTAS:**  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

**REFERÊNCIA:**  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder

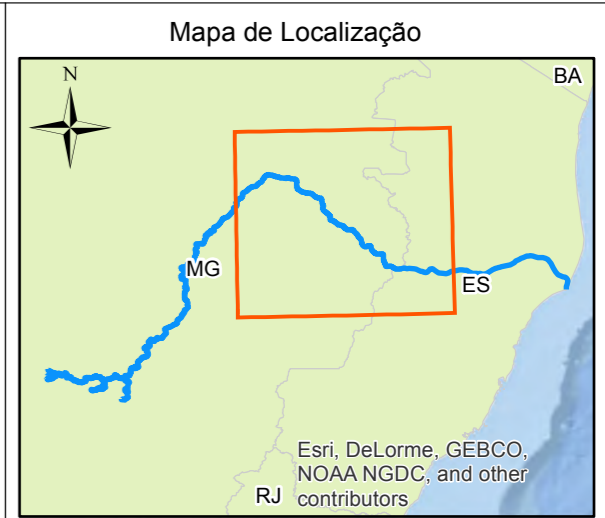
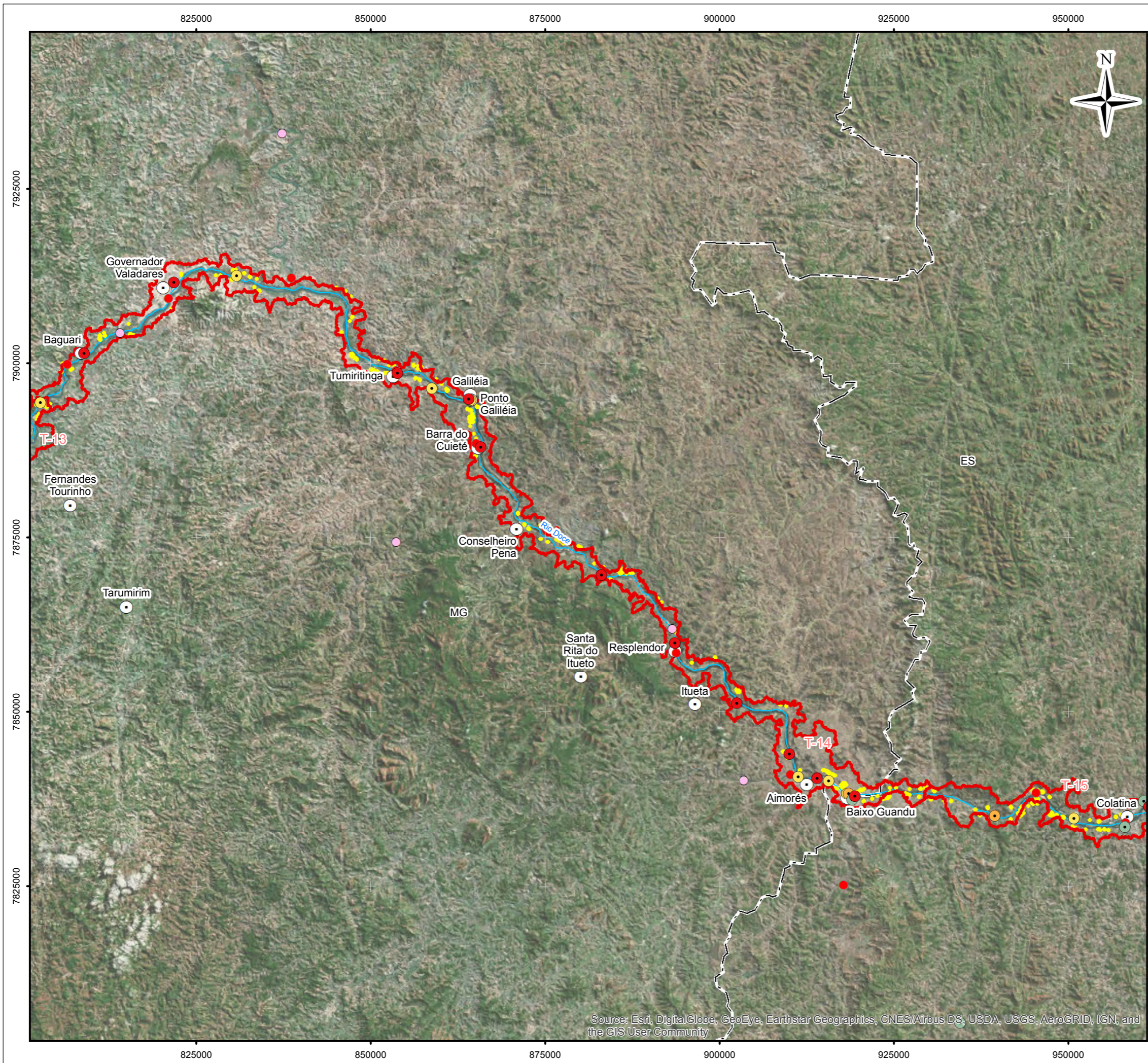


**TÍTULO:**  
Figura 11.1-F  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes

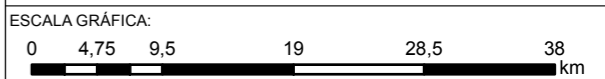
**PROJETO:**  
Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:550.000	30/07/2017	rutima	AG	AG	RAO

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



- LEGENDA:**
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Lagoas
  - Curso d'Água
  - - - Divisa Estadual
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQSQS) – previsto para iniciar em set/17
  - Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
- Plano de Monitoramento**
- Afluentes Bioagri e Tommasi
  - Dique S3 e Rio do Carmo
  - Lagoa Monsarás; Plano
  - Turbidez/Tributarios



NOTAS:  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

REFERÊNCIA:  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder

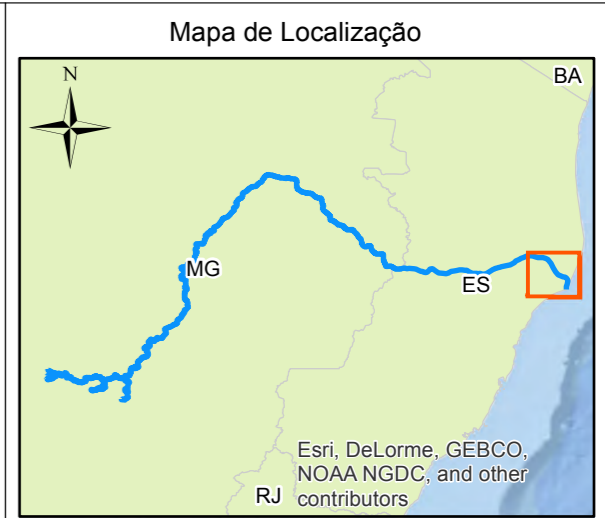
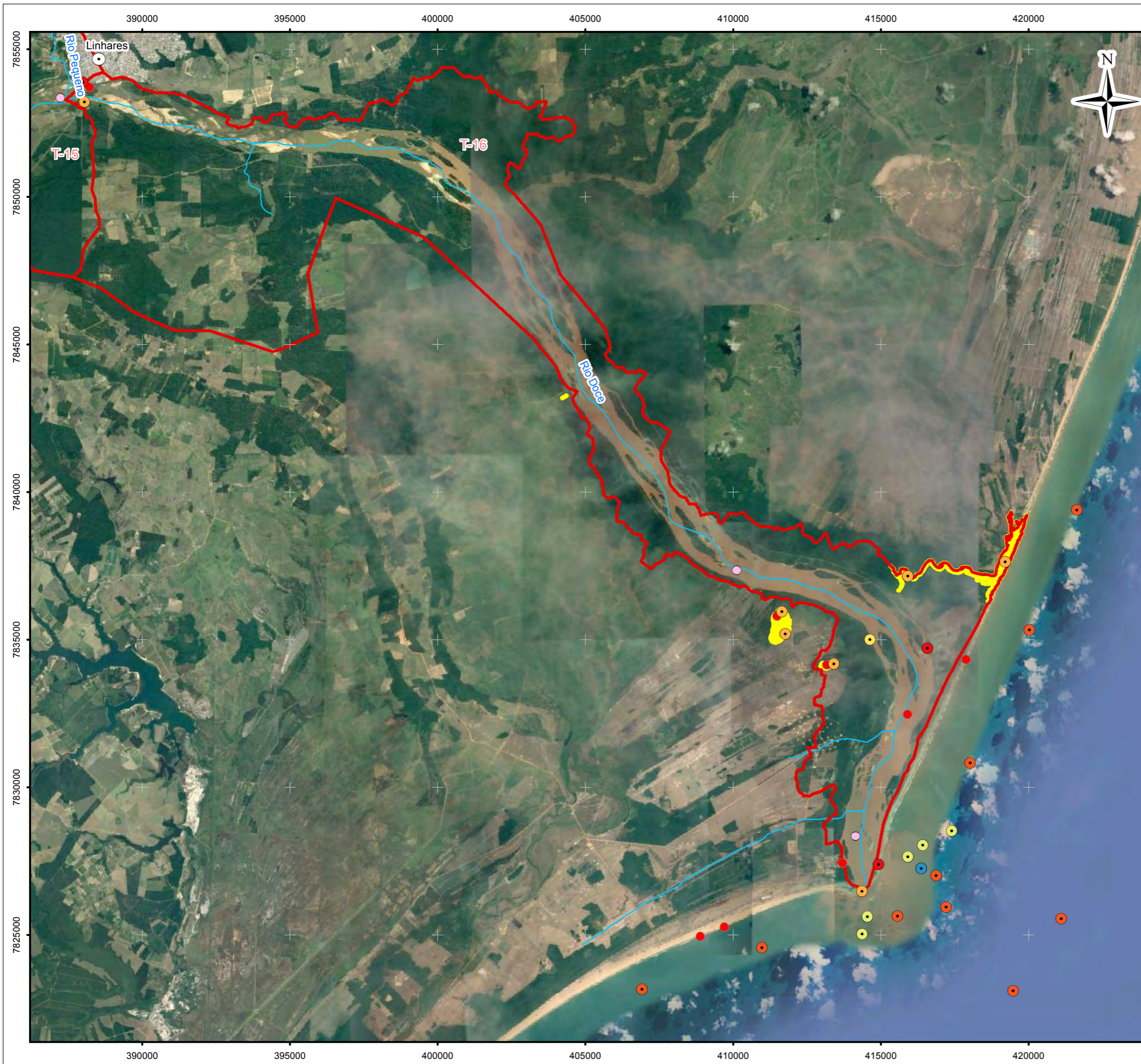


TÍTULO:  
**Figura 11.1-G  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes**

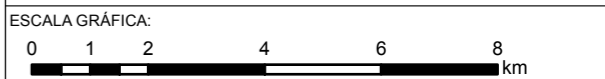
PROJETO:  
**Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA: 1:550.000	DATA: 30/07/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: AG	APROV.: AG	REV.: RA0
----------------------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



- LEGENDA:**
- Municípios / Distritos Afetados
  - ▭ Área de Abrangência
  - Lagoas
  - Curso d'Água
  - Pontos Monitoramento de Água e Sedimentos Permanente (PMQSS) – previsto para iniciar em set/17
  - Pontos Monitoramento na Bacia do Rio Doce
- Plano de Monitoramento**
- ADCP - CTD
  - Foz do Rio Doce
  - Dique S3 e Rio do Carmo
  - Lagoa Monsarás; Plano
  - Transectos Mar
  - Turbidez/Tributários



**NOTAS:**  
Datum Horizontal: UTM SIRGAS 2000, FUSO 23S

**REFERÊNCIA:**  
IBGE, 2015;  
ICMBio MMA (Termo de referência 4)  
Google Earth Pro, 2016  
Golder



**TÍTULO:**  
Figura 11.1-H  
Planos e Programas de Monitoramento  
Existentes

**PROJETO:**  
Plano de Manejo de Rejeitos

ESCALA:	DATA:	PROJ.:	VERIF.:	APROV.:	REV.:
1:130.000	30/07/2017	rutima	AG	AG	RAO

### 11.2.1.2 *Indicadores Específicos nas Ações de Manejo*

Com relação aos indicadores específicos do Manejo, esses ainda estão em fase de definição e aprovação interna na Fundação Renova. Os indicadores do manejo de rejeito devem ser avaliados e adaptados por trechos de intervenção. A frequência de amostragem deverá também ser avaliada por trecho de acordo com a sua criticidade. Os seguintes indicadores, divididos por áreas temáticas de aplicação, são propostos:

- Qualidade da água superficial: turbidez, sólidos totais em suspensão e cor aparente.

A turbidez, cor aparente e os sólidos totais em suspensão (SST) são os três principais parâmetros de análise de qualidade de água superficial diretamente associados às atividades de manejo, sejam elas as atividades de contenção e recuperação, como as de remoção e dragagem.

Os processos de manejo irão remobilizar os sedimentos depositados em calhas, margens e planícies (terraços), afetando os três parâmetros. Portanto, este grupo indicador avalia o impacto direto das ações nos rios afetados e tributários.

Além do monitoramento já previsto no PMQQS, a turbidez deverá ser monitorada pontualmente durante as intervenções de manejo propostas.

- Qualidade do sedimento: parâmetros físico-químicos

Ações de remoção poderão remobilizar o material de rejeito e o material detrítico com efeitos na qualidade físico-química dos sedimentos em calhas. Portanto, o impacto na qualidade dos sedimentos é um indicador proposto das ações de manejo.

Os indicadores de qualidade de sedimentos serão obtidos a partir do programa de coletas de sedimentos do PMQQS. Da mesma forma que previsto na qualidade da água, algumas ações de manejo irão requerer uma avaliação do potencial de remobilização, espessura do rejeito e espessura do *lag layer* (rejeito lavado). Esses indicadores serão monitorados antes, durante e após as ações de manejo previstas.

- Qualidade das águas subterrâneas: metais prioritários (ferro, manganês e alumínio) e arsênio.

O potencial de impacto nas águas subterrâneas, associado às ações de manejo, deve ser avaliado nas futuras áreas de disposição do material removido. Para esta análise, faz-se necessário investigar as condições de *background* das águas subterrâneas nas áreas de disposição para a posterior comparação com as análises a serem realizadas após a disposição do material.

Instrumentos de coleta de água subterrânea, como poços de monitoramento, deverão ser instalados nas áreas críticas.

Este indicador deve ser cuidadosamente analisado para identificar possíveis influências externas, não associadas à disposição de rejeitos, que possam interferir na qualidade das águas subterrâneas.

- Qualidade do ar

A qualidade do ar possui relação direta com a recuperação das áreas afetadas e o método de manejo selecionado. A qualidade do ar será afetada pela emissão de particulados (poeira) gerada pelas atividades diárias de máquinas pesadas, caminhões e veículos. Os receptores são os habitantes de comunidades urbana nas áreas atingidas, moradores de comunidades rurais e morador próximos às vias de acesso aos canteiros de obras, estradas vicinais e áreas de disposição final de rejeitos.

Atualmente, a qualidade de ar é avaliada no âmbito do Programa de Qualidade de Ar com medições em Barra Longa. Este Programa deverá ser ampliado para incluir áreas com atividades de remoção com potenciais receptores nas proximidades das obras de remoção, transporte e áreas de disposição. Estes pontos serão identificados nas análises de risco e impacto por trecho.

- Ruídos

O nível de ruídos é um indicador dos impactos negativos das ações de recuperação/remoção em comunidades ou moradores das áreas rurais devido às operações diárias de maquinário pesado, caminhões e veículos leves.

Durante a aplicação do Plano de Manejo de Rejeito e, portanto, a definição das tecnologias e alternativas de manejo, os indicadores serão acompanhados a fim de monitorar as ações propostas, bem como avaliar a eficácia das ações previstas.

### 11.2.2 ÁREAS TEMÁTICAS DE APLICAÇÃO DOS INDICADORES PARA O PLANO DE MANEJO DE REJEITO

Os indicadores socioambientais do Plano de Manejo de Rejeito são definidos como um conjunto de variáveis mensuráveis agrupados em três áreas de atuação, definidos como indicadores da efetividade e durabilidade das ações de recuperação adotadas:

- Ambiental: indicadores de avaliação dos efeitos das medidas de recuperação adotadas nas águas superficiais e subterrâneas, sedimentos e qualidade do ar e nível de ruído;
- Habitats: indicadores de avaliação de desempenho das medidas de recuperação de habitats terrestres e aquáticos; e
- Socioeconômicos: indicadores relacionados a melhoria e retomada da função produtiva de áreas com atividades antrópicas e impactos em comunidades afetadas pelas medidas de recuperação.

Os indicadores ambientais são aqueles relacionados aos ambientes aquáticos, qualidade dos sedimentos naturais e qualidade do ar. Os primeiros monitoram os efeitos imediatos das ações de recuperação, remoção e disposição na qualidade das águas (superficiais e subterrâneas). Os indicadores de sedimento avaliam a dinâmica de estabilização, erosividade e transporte de sedimentos/solo ao longo do período de recuperação. Finalmente, os indicadores de qualidade de ar e nível de ruídos mostram o impacto de obras de remoção, ou erosão de solos desnudos, em receptores humanos.

Os indicadores de recuperação de habitats são aqueles adotados no monitoramento da recuperação da vegetação natural, em especial, os parâmetros das fitocenoses: abundância, riqueza e composição.

Os indicadores socioeconômicos estão relacionados aos parâmetros de retomada das atividades antrópicas nas áreas impactadas com a melhoria e disponibilidade de locais para o uso alternativo do solo, com finalidades econômicas, como a produção agropastoril. A melhoria da qualidade do solo e o aumento da fertilidade são indicadores da recuperação dos habitats que irão propiciar um uso futuro do solo para fins econômicos.

## PROCESSOS DE MANEJO

Os indicadores estão associados às diferentes metodologias de manejo apresentadas nas Seções 9 e 10. São elas as ações relacionadas aos processos de remoção, dragagem, transporte e disposição de sedimento e rejeito, e os processos de recuperação por vegetação e controle de erosão.

## **INDICADORES DE MANEJO PROPOSTOS**

Os indicadores devem ser avaliados e adaptados por trechos de intervenção. A frequência de amostragem deverá também ser avaliada por trecho de acordo com a sua criticidade. Os seguintes indicadores, divididos por áreas temáticas de aplicação, são propostos:

### **Ambiental:**

- Qualidade da água superficial: turbidez, sólidos totais em suspensão e cor aparente.

A turbidez, cor aparente e os sólidos totais em suspensão (SST) são os três principais parâmetros de análise de qualidade de água superficial diretamente associados às atividades de manejo, sejam elas as atividades de contenção e recuperação, como as de remoção e dragagem.

Os processos de manejo irão remobilizar os sedimentos depositados em calhas, margens e planícies (terraços), afetando os três parâmetros. Portanto, este grupo indicador avalia o impacto direto das ações nos rios afetados e tributários.

Atualmente, o controle de turbidez é feito diariamente e reportado no *Report* de Monitoramento da Bacia do Rio Doce. A turbidez é medida em 14 pontos até o reservatório de Candonga e em 21 pontos até Regência. Atualmente, a turbidez tem sido o principal indicador das ações de recuperação e ações emergenciais realizadas. O controle de turbidez e SST em tributários ao longo da Bacia do Rio Doce também permite identificar outras fontes de sedimentos não associadas ao evento do rompimento da barragem.

A frequência proposta para estes indicadores é diária, em pontos próximos aos trechos em recuperação/remoção e associados aos pontos propostos no PMQQS.

Os resultados do acompanhamento destes indicadores serão comparados aos padrões ambientais vigentes. A legislação que estabelece os limites ambientais e

dispõe sobre a classificação dos corpos de água e seu enquadramento é a Resolução CONAMA nº 357/2005. No estado de Minas Gerais, a legislação aplicada é a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01, de 05/05/2008, Artigo 14.

Os parâmetros de qualidade de água também devem analisados com base nos estudos de caracterização das condições naturais (*background*) da região impactada (GOLDER ASSOCIATES, 2017. Diagnóstico da Qualidade da Água e Sedimentos dos Trechos da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Afetados pelo Rompimento da Barragem de Fundão - Condições Anteriores ao Rompimento).

- Qualidade do sedimento: parâmetros físico-químicos

Ações de remoção poderão remobilizar o material de rejeito e o material detrítico com efeitos na qualidade físico-química dos sedimentos em calhas. Portanto, o impacto na qualidade dos sedimentos é um indicador proposto das ações de manejo.

Os indicadores de qualidade de sedimentos serão obtidos a partir do programa de coletas de sedimentos do PMQQS. O programa estabelece um monitoramento trimestral de coletas em seções transversais de calha dos rios.

Os parâmetros de qualidade de sedimentos incluem parâmetros físico-químicos convencionais, metais totais e indicadores biológicos definidos no PMQQS.

O PMQQS estabelece que os resultados analíticos serão comparados aos limites da Resolução CONAMA nº 454/2012. A escolha deste padrão ser utilizado como referência para avaliar a qualidade do sedimento deve-se ao fato de não existir outra norma específica para padrões de qualidade de sedimento no Brasil.

Entretanto, estudos específicos devem ser realizados para validar a viabilidade do uso de parâmetros de qualidade de sedimento/solo com base nos estudos de caracterização das condições naturais (*background*) da região impactada (GOLDER ASSOCIATES, 2017. Diagnóstico da Qualidade da Água e Sedimentos dos Trechos da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Afetados pelo Rompimento da Barragem de Fundão - Condições Anteriores ao Rompimento).

- Qualidade das águas subterrâneas: metais prioritários (ferro, manganês e alumínio) e arsênio.

O potencial de impacto nas águas subterrâneas, associado às ações de manejo, deve ser avaliado nas futuras áreas de disposição do material removido. Para

esta análise, faz-se necessário investigar as condições de *background* das águas subterrâneas nas áreas de disposição para a posterior comparação com as análises a serem realizadas após a disposição do material.

Instrumento de coleta de água subterrânea, como poços de monitoramento, deverão ser instalados nas áreas críticas.

Este indicador deve ser cuidadosamente analisado para identificar possíveis influências externas, não associadas à disposição de rejeitos, que possam interferir na qualidade das águas subterrâneas.

Os resultados do acompanhamento destes indicadores serão comparados aos padrões ambientais vigentes. A legislação que estabelece os limites ambientais e dispõe sobre a classificação de aquíferos é a Resolução CONAMA nº 396/2008. No Estado de Minas Gerais, a legislação aplicada é a Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29/06/2011.

- Qualidade do ar

A qualidade do ar possui relação direta com a recuperação das áreas afetadas e o método de manejo selecionado. A qualidade do ar será afetada pela emissão de particulados (poeira) gerado pelas atividades diárias de máquinas pesadas, caminhões e veículos. Os receptores são os habitantes de comunidades urbana nas áreas atingidas, moradores de comunidades rurais e morador próximos às vias de acesso aos canteiros de obras, estradas vicinais e áreas de disposição final de rejeitos.

Atualmente, a qualidade de ar é avaliada no âmbito do Programa de Qualidade de Ar com medições em Barra Longa. Este Programa deverá ser ampliado para incluir áreas com atividades de remoção com potenciais receptores nas proximidades das obras de remoção, transporte e áreas de disposição. Estes pontos serão identificados nas análises de risco e impacto por trecho.

Os resultados do acompanhamento destes indicadores serão comparados aos padrões ambientais vigentes. A legislação que estabelece os padrões primários e secundários de qualidade de ar é a Resolução CONAMA nº 3/1990. No Estado de Minas Gerais, a legislação aplicada é a Deliberação Normativa COPAM MG nº 01, de 26/05/1981.

- Ruídos

O nível de ruídos é um indicador dos impactos negativos das ações de recuperação/remoção em comunidades ou moradores das áreas rurais, devido às operações diárias de maquinário pesado, caminhões e veículos leves.

Os resultados do acompanhamento destes indicadores serão comparados aos padrões ambientais vigentes. A legislação que estabelece os padrões de qualidade de ruídos está amparada nas normas técnicas ABNT NBR 10151 e 10152. No Estado de Minas Gerais, a legislação aplicada é a Lei Ordinária nº 7.302, de 21/07/1978.

### **Recuperação de Habitats:**

- Avaliação do desenvolvimento da cobertura vegetal

Serão adotados indicadores dos substratos e das fitocenoses.

Dos substratos serão avaliados parâmetros físicos (textura), químicos (relacionados à fertilidade) e microbiológicos. Das comunidades vegetais serão monitorados a abundância, indicada pelo número de indivíduos, cobertura ou biomassa, riqueza e composição.

O acompanhamento será conduzido em áreas representativas da diversidade de ambientes e situações da região afetada. Com base na natureza, morfologia, composição, dinâmica superficial e cobertura vegetal, serão identificadas unidades de terrenos e selecionadas aquelas mais representativas, onde se concentrarão os levantamentos da vegetação.

Nas unidades de terrenos selecionadas, serão realizados dois levantamentos complementares, um qualitativo ou florístico e outro quantitativo ou fitossociológico, conduzidos em parcelas ou apoiados em outros métodos mais adequados à vegetação analisada, como é o caso daquele de interseção em linha (CANFIELD, 1941, 1950) apropriado a formações herbáceas em áreas extensas.

O acompanhamento será sistemático e semestral, conduzido por ao menos cinco anos após as sementeiras iniciais ou plantios de mudas, no caso das áreas já em recuperação.

- Avaliação dos processos erosivos e mudança na morfologia fluvial

As atividades de manejo incluindo remoções de sedimentos e material detrítico poderão, temporariamente, elevar as condições de desestabilização de margens e planícies soterradas, aumentando conseqüentemente o volume de material sedimentado nos córregos.

Paralelamente, as ações de recuperação da cobertura vegetal e de estabilização de margens estão diretamente relacionadas à perda de solo/sedimento das planícies e margens que irão impactar os córregos com o aumento de material sólido nas águas.

Deste modo, a eficácia das ações de manejo deverá ser analisada sob o aspecto da redução a valores aceitáveis deste impacto.

Os processos erosivos serão acompanhados no escopo do Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias.

Nas planícies de inundação a erosão (perda de solo) será medida usando caçambas para solo e caçambas basculantes. As caçambas para solo coletarão parte do escoamento superficial contendo sedimentos, enquanto as caçambas basculantes serão usadas para medir a vazão com a carga de sedimentos. Esta metodologia deverá estimar as taxas de erosão em áreas com atividades de revegetação, áreas já revegetadas e áreas com solos expostos.

As medições deverão ser realizadas durante o período chuvoso e comparadas com as taxas de erosão de áreas com diferentes níveis de desenvolvimento de vegetação, avaliando assim a eficiência da cobertura vegetal frente ao controle de erosão.

Nas calhas dos rios, o monitoramento prevê a medição da perda de solo/material detrítico por meio de instalação de régua de monitoramento de acúmulo de sedimentos instaladas nas planícies aluviais e em trechos de calhas dos rios principais que cruzam áreas prioritárias. As medições serão realizadas em perfis de seções transversais selecionadas para representar a áreas de intervenção a montante.

As seções transversais irão avaliar as mudanças na morfologia das calhas para avaliar o desenvolvimento do canal e documentar a estabilidade do mesmo.

- Recuperação da biodiversidade da área impactada

- Foi elaborado um Termo de Referência pelo ICMBIO relativo ao Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática (**Anexo V**).

Consta nesse Programa como obrigação da FUNDAÇÃO o monitoramento da qualidade da água e estudos ecotoxicológicos para verificar a ocorrência de contaminação na biodiversidade aquática na Área Ambiental 1 para subsidiar (1) a tomada de decisões referentes à captura e consumo, (2) o processo de avaliação do estado de conservação da biodiversidade aquática e (3) a adoção de medidas de recuperação e conservação da fauna e do ambiente aquático, conforme orientação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

### **Socioeconômicas:**

- Instrumentos de consulta junto à população com foco nas ações de manejo.

As ações de manejo poderão impactar de forma negativa as populações ribeirinhas e próximas das áreas de disposição previstas.

Impactos na qualidade do ar, ruídos e aumento de tráfego estão associados às atividades de remoção, transporte por via terrestre e descarga em áreas de disposição

As atividades poderão gerar reclamações de moradores atingidos, as quais deverão ser registradas a partir de instrumentos efetivos de comunicação com a FUNDAÇÃO.

A utilização destes registros servirá como um indicador da gestão inadequada das ações.

- Retorno das atividades socioeconômicas.

A evolução das atividades produtivas e as modificações dos padrões de ocupação do solo servirá como um indicador da melhoria gerada pelas ações adequadas de manejo.

A retomada de atividades econômicas nas áreas atingidas está associada às atividades de plantio de culturas para fins econômicos e/ou subsistência e pecuária.

Nas áreas onde foi ou será retomada a atividade agropecuária, o acompanhamento dos esforços de recuperação se baseará em parâmetros físicos, químicos (fertilidade) e microbiológicos dos substratos, que serão monitorados

sistematicamente por ao menos cinco anos após os plantios ou semeaduras iniciais para a avaliação da pedogênese de substratos.

Estes indicadores estão relacionados ao programa de monitoramento da qualidade de solo, com a inclusão de dados adicionais de química dos solos para complementar o entendimento das propriedades agronômicas do substrato nas propriedades atingidas.

Serão também avaliados parâmetros de produtividade, estabelecidos de acordo com o tipo de uso da área, a partir de amostras de solo e produtos cultivados.

Os substratos serão analisados da mesma forma nas áreas destinadas à recuperação da vegetação natural. Porém, os indicadores principais serão a abundância e riqueza de amostras das fitocenoses em regeneração em diferentes porções da região e tipos de terrenos.

O acompanhamento será conduzido em áreas representativas da diversidade de ambientes e situações da região afetada. Com base na natureza, morfologia, composição, dinâmica superficial e cobertura vegetal, serão identificadas unidades de terrenos e selecionadas aquelas mais representativas, onde se concentrarão os levantamentos da vegetação.

O acompanhamento será sistemático e semestral, conduzido por ao menos cinco anos após as semeaduras iniciais ou plantios de mudas, no caso das áreas já em recuperação.

## 12 CRONOGRAMA DAS AÇÕES PARA EXECUÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO

Dentre os compromissos assumidos no TTAC, o cronograma para a recuperação da Área 1 (2.000 hectares, nos Municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado) está previsto na Cláusula 159, no parágrafo primeiro que diz “*a implantação das ações referidas no caput se dará num prazo de 4 anos, a contar da data de assinatura desse acordo, com 6 (seis) anos complementares de manutenção (...)*”.

O **Cronograma 12-1** proposto define um conjunto de ações macro com base na metodologia proposta e nos estudos complementares.

O Cronograma foi elaborado considerando os 17 trechos, sendo incluída a atividade de aplicação do Plano na “Área Piloto” que foi definido como o Trecho 8 para o Estado de Minas Gerais. No entanto, para o Estado de Espírito Santo, as lagoas Areal, Monsarás, Pandolfi e Nova, no município de Linhares serão consideradas com as áreas piloto para a aplicação do plano. Não foi considerado no cronograma, os prazos para a Avaliação Governamental (Fase 3); Comunicação com Proprietários (Fase 4) e da Implementação e Monitoramento (Fase 5).

**Cronograma 12-1 - Cronograma das Ações para Execução do Plano de Manejo de Rejeito**

Atividades	Jul-17	Aug-17	Sep-17	Oct-17	Nov-17	Dec-17	Jan-18	Feb-18	Mar-18	Apr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Aug-18
<b>1 Aplicação do Plano de Manejo de Rejeito - Área Piloto Trecho 8</b>	[Barra preta]													
1.1 Definição da área de abrangência da Aplicação do Manejo	[Barra cinza]													
1.2 Caracterização da área impactada (mapeamento dos aspectos físicos e químicos)	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.3 Avaliação das ações de disciplinamento de drenagens	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.4 Levantamento e análise dos dados existentes / Interface com os outros programas	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.5 Modelagem Hidráulica e Avaliação Morfométrica	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.6 Aplicação do processo simplificado de Tomada de decisão (sem ACB)	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.7 Relatório com a soluções integrada de Manejo do Rejeito para o Trecho 8	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.8 Elaboração da Solução Conceitual	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
1.10 Elaboração de Projeto Detalhado		[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]						
<b>2 Aplicação do Plano de Manejo - 17 trechos</b>	[Barra preta]													
<b>2,1 Estudos de Base e Coleta de Dados</b>	[Barra preta]													
2.1.1 Definição da área de abrangência da Aplicação do Manejo	[Barra cinza]	[Barra cinza]												
2.1.2 Caracterização da área impactada (mapeamento dos aspectos físicos e químicos)	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
2.1.3 Avaliação em campo das ações de disciplinamento de drenagens	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
2.1.4 Levantamento e análise dos dados existentes / Interface com os outros programas	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
<b>2,2 Estudos Complementares</b>	[Barra preta]													
2.2.1 Avaliação de Risco à saúde Humana	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
2.2.2 Avaliação de Risco Ecológico	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
2.2.3 Modelagem Hidráulica e Transporte de Sedimentos	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
2.2.4 Outros	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]										
<b>2,3 Aplicação do processo de tomada de decisão</b>	[Barra preta]													
2.3.1 Processo Simplificado	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]					
2.3.2 Análise Custo Benefício (ACB)	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]				
<b>3 Plano de Manejo Consolidado - Área de Abrangência</b>	[Barra preta]													
3.1 Plano de Manejo de Bento Rodrigues	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]
3.2 Plano de Manejo de UHE Risoleta Neves	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]
3.3 Soluções conceituais do Manejo		[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]	[Barra cinza]				
<b>4 Elaboração de Projeto Conceitual</b>	[Barra preta]													
<b>5 Elaboração de Projeto Detalhado</b>	[Barra preta]													

### 13 GOVERNANÇA PARA A TOMADA DE DECISÃO DURANTE O MANEJO

O Plano de Manejo de Rejeito prevê a interface com as partes interessadas antes, durante e após a tomada de decisão quanto à ação de manejo a ser adotada. Nesse sentido, esse documento traz um processo de governança que visa o engajamento em etapas distintas.

O mapeamento das partes interessadas elaborado pela Fundação Renova é um processo em constante evolução, uma vez que sempre ocorre a identificação de novos *stakeholders*. Na **Tabela 13-1** apresenta-se uma lista preliminar das partes interessadas.

**Tabela 13-1. Lista preliminar das partes interessadas**

Parte Interessada	Área de atuação
Proprietário afetado	Parte diretamente interessada e envolvida nas ações envolvidas de manejo de rejeitos.
Comunidade afetada	Parte diretamente interessada e envolvida nas ações envolvidas de manejo de rejeitos.
Fundação Renova	Implementar e gerir os programas de reparação, restauração e reconstrução das regiões impactadas pelo rompimento da barragem de Fundão.
SEMAD/MG	Gerenciar e executar as atividades de regularização, fiscalização e controle ambiental na sua respectiva área de abrangência territorial.
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (“IBAMA”)	Tem como principais atribuições exercer o poder de polícia ambiental; executar ações das políticas nacionais de meio ambiente, referentes às atribuições federais, relativas ao licenciamento ambiental, ao controle da qualidade ambiental, à autorização de uso dos recursos naturais e à fiscalização, monitoramento e controle ambiental.
FEAM/MG	Tem por finalidade executar a política de proteção, conservação e melhoria da qualidade ambiental, no que concerne à gestão do ar, do solo e dos resíduos sólidos, bem como a prevenção e a correção da poluição ou da degradação ambiental provocada pelas atividades industriais, minerárias e de infraestrutura.
IGAM/MG	Tem como funções planejar e promover ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos de Minas Gerais. O gerenciamento é feito com base nas diretrizes do Plano Estadual de Recursos Hídricos e dos Planos Diretores de Recursos Hídricos. Na atualidade, encarregado junto com a Fundação Renova do monitoramento periódico da qualidade da água do rio Doce.
IEF/MG	O Instituto Estadual de Florestas, no exercício de suas atribuições, o IEF observará as deliberações emanadas do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH e as diretrizes da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD.

IEMA/ES	Gerenciar as políticas Estaduais de Meio Ambiente e de recursos hídricos, de forma articulada com os demais órgãos da administração pública, nos âmbitos municipal, estadual e federa. Supervisionar as ações que visem promover a preservação e a melhoria da qualidade ambiental
---------	--

Conforme definido em Nota Técnica, a consulta às partes interessadas, no que se refere à aprovação do plano de ações, se restringe ao corpo técnico dos órgãos ambientais, Câmaras Técnicas e outros envolvidos deste grupo da Fase 3 – Avaliação governamental da proposta apresentada. O diálogo com agentes externos, como os proprietários e comunidades afetadas, será realizado **após a aprovação técnica da melhor alternativa de solução.**

A participação dos envolvidos e afetados deve ser abordada na forma de diálogos buscando participação, comunicação, engajamento e transparência nas definições técnicas adotadas, sob acompanhamento do Comitê Interfederativo (CIF) e dos órgãos ambientais nas suas respectivas responsabilidades.

A Fundação Renova obterá a anuência do proprietário da área, caso haja intervenções em áreas de terceiros ou públicas. Para tanto, a FUNDAÇÃO deverá incorporar dois Planos de Comunicação conforme indicado na Fase 4 – Comunicação aos proprietários:

- Planos de Comunicação e Consulta específicos para proprietários das áreas alvo de manejo (com modelo para assinatura de termo de anuência para intervenção proposta); e
- Plano de comunicação social para a sociedade em geral.

Esses planos de comunicação estão em elaboração e serão discutidos previamente na CT-Rejeitos.

O **Fluxograma 4-1** de Tomada de Decisão – Plano de Manejo de Rejeito define as etapas e a interface com proprietários, órgãos ambientais, CT-Rejeitos e CIF. Essa estrutura de tomada de decisão deverá ser seguida no âmbito das ações do Plano de Manejo de Rejeito.

## 14 REVISÃO DO PLANO

Este Plano deve ser atualizado periodicamente de modo a refletir quaisquer alterações, novos estudos e ações relativas ao manejo do rejeito, e a demonstrar os avanços e as melhorias ao longo do tempo e após a sua implantação. Além disso, a cada elaboração de proposta de manejo para cada trecho, a mesma será incorporada ao documento em forma de novos volumes. O Plano deve ser um documento vivo e dinâmico a ser utilizado como ferramenta de gestão. As alterações e revisões propostas nesse documento deverão ser validadas pelos órgãos ambientais competentes, CT-Rejeitos e Comitê Interfederativo, conforme previsto no Fluxo de Tomada de Decisão.

## 15 PREMISSAS

- O Plano de Manejo de Rejeito foi elaborado com base em estudos, informações, fotos e documentos que foram cedidos pela FUNDAÇÃO durante o período de elaboração do documento. Não foram obtidos dados de campo específicos para a elaboração do documento. Adicionalmente, algumas fotos e registros aqui inseridos podem não refletir mais a situação atual, todavia, a utilização dessas informações permitiu o entendimento dos processos ocorridos.
- Este relatório foi baseado também em informações fornecidas à CH2M por diversas fontes durante a execução dos trabalhos, incluindo entrevistas com funcionários da FUNDAÇÃO.
- Todos os principais estudos, planos e programas realizados ou em andamento relacionados ao manejo de rejeito e/ou à recuperação das áreas degradadas foram incorporados ao documento, como anexos, a fim de facilitar a consulta e o entendimento dos fatos. É nosso entendimento que grande parte desses estudos já foi protocolada e formalizada nos devidos órgãos.
- Esse plano foi elaborado e considerou as contribuições dos 3 (três) Workshops, conforme o entendimento técnico da CH2M. Também foram utilizados os estudos anteriores como ponto de partida para a definição de metodologias aqui propostas, com a nossa sugestão de alteração.
- Conforme discussões durante o Workshop, as formas de manejo envolvendo Candonga e Bento Rodrigues foram tratadas separadamente. De forma geral, foi colocado que essas 2 áreas devem ter um Plano de Manejo de Rejeito específico e que esteja alinhado o Plano de Manejo de Rejeito Geral.

**16 EQUIPE TÉCNICA**

Profissional	Formação	Registro no Conselho de Classe	Função	Assinatura
Lucila Telles	Engenheira Civil	CREA nº 5060383441	Responsável Técnico CH2M	
Andréia Garcia	Ecóloga	-	Gerência do Projeto / Revisão Sênior	
Valdir Nakazawa	Geólogo	CREA nº 06013239201	Coordenação Técnica	
Sander Eskes	Engenheiro Civil	-	Coordenação Técnica	
Mercedes Buzzella	Engenheira Civil	-	Especialista de recursos hídricos Produtos	
Rodrigo Utima	Tecnólogo em Edifícios	-	cartográficos e geoprocessamento	
Cristina Simonette	Bióloga	CRBio nº 006854/01-D	Avaliação de meio biótico	
Eric Liu	Biólogo	-	Tecnologias de remoção	
Amanda Oehlmeyer	Bióloga	CRBio 64101-01 / ctf 3925956	Coordenação do estudo de Revegetação	
Alessandro Oliveira	Engenheiro Ambiental	CREA nº 5061790670	Tecnologias de remoção	
Maitê Alves	Engenheira Ambiental	-	Legislação ambiental e aplicabilidade	

As Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) encontram-se apresentadas no **Anexo VII**.

## 17 REFERÊNCIA

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1992). NBR: 10152:1987 versão corrigida: 1992. Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2003). NBR: 10151. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2015). NBR: 16.209. Avaliação de Risco para a Saúde Humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.

AGROFLOR. (2016) Contenção de carreamento de sedimentos por meio de revegetação. Relatório final de atividades. 2016

AGROFLOR. (2017) *Registros Fotograficos*. Março de 2017

ALLEN, L.; BENNET, T.; LEHR, J.H; PETTY,R.J., (1987). DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. USEPA.

ALLONDA, Ambiental. (2016) Desenho Referência Germano – Geral, Área Externa. UHE Candonga – Dragagem Reservatório, Planta de Locação para Coleta de Amostras na Região de Dragagem do Reservatório. Rev.0. Fevereiro de 2016

ALLONDA, Ambiental. (2016) Desenho Referência Germano – Geral, Área Externa. UHE Candonga – Dragagem Reservatório, Planta de Locação para Coleta de Amostras Teste Piloto -Área 1. Rev.0. Fevereiro de 2016

ALVES, H. O. 2015. Estudo Comparativo de duas Técnicas de Lavra em Barrage, de Rejeito Sob o Ponto de Vista Geotécnico. (Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG).

CANFIELD, R. (1941). Application of line interception in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* 39: 388-394.

CANFIELD, R. (1950). Sampling range by the line interception method. *Southwestern Forest and Range Experiment Station*.

CHRISTOFOLETTI, A. (1980). Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher. (2ª ed.)

COPAM/CERH. (2010) Sistema Integrado de Informação Ambiental MG. Deliberação Normativa Conjunta nº 02 de 08/09/2010

COSTA, T. T. (2012). Avaliação da Vulnerabilidade de Aquíferos por Meio de Análise de Vazamentos de Postos de Combustível. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Ouro Preto.

CUTTE, S. L. (2011). A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores, Revista Crítica de Ciências Sociais, 93: 59-69.

EPA, grupo (2017). Plano de Trabalho para a Eliminação de “gaps” de informações elaborado pelo Grupo EPA – Área de Abrangência: Minas Gerais e Espírito Santo - PT02-16-0340-MCO-D001 de Fevereiro de 2017.

EPA, grupo (2017). Termo de Referência “Avaliação de Risco à Saúde Humana, área de abrangência, Minas Gerais e Espírito Santo” elaborado pelo Grupo EPA – Áreas de Abrangência: Minas Gerais e Espírito Santo - R003-16-0340-MCO-D01 de Fevereiro de 2017.

EUROPEAN, Chemicals Bureau. (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment. European Communities. Available at: [https://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2\\_2ed\\_en.pdf](https://echa.europa.eu/documents/10162/16960216/tgdpart2_2ed_en.pdf)

FERNANDES, J. C.; HENRIQUES, F. S. (1990). Metal levels in soils and cattail (*Typha latifolia* L.) plants in a pyrite mine area at Lousal. International Journal of Environmental Studies, 36 (3): 205-210, 1990

Foi está numeração usada?

FOSTER, S.; HIRATA, R.C.A; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. (2002). Groundwater: quality protection. The World Bank. Washington

FREITAS, M.; ZOCHE, J. J.; QUADROS, K.E. (2007) Metais pesados (Mn e Zn) em *Typha domingensis* Pers. em áreas de mineração de carvão. Revista Brasileira de Biociências, v.5, Suplemento 1, p.789-791, 2007

FUNDAÇÃO RENOVA, (2016). Sobrevoos e fotos. Agosto

FUNDAÇÃO RENOVA, (2017). Atualização do Plano de Recuperação Ambiental Integrado – PRAI. Janeiro

FUNDAÇÃO RENOVA, (2017). Proposta de Plano de Trabalho - Definição do Uso e Ocupação Futuro da Região de Bento Rodrigues. Belo Horizonte. Janeiro de 2017

FUNDAÇÃO RENOVA, (2017). UHE CANDONGA – Recuperação do Reservatório – Disposição de Rejeito Dragado – Memorial Descritivo documento em elaboração. 2017

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Avaliação dos impactos no meio físico resultantes do rompimento da barragem de Fundão, RT-023\_159-515-2282\_01-J, 2016b (outubro)

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. Belo Horizonte, MG. Outubro, 2016. Ref. RT-023\_159-515-2282\_01-J. 736 pp.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. Outubro, 2016. 740 pp. Ref: RT-023\_159-515-2282-01\_J.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Plano de Monitoramento para Acompanhamento das Intervenções Prioritárias. Dezembro, 2016. 60 pp. Ref: RT-033\_159-515-2282-00\_B.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Plano de Recuperação Ambiental. Belo Horizonte, MG. Fevereiro, 2016. Ref. RT-002\_159-515-2282\_01-J 412 pp.

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Plano de Recuperação Ambiental. Relatório do Programa de Revegetação Inicial Emergencial, 2016d (fevereiro)

GOLDER ASSOCIATES. (2016). Rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Recuperação Ambiental. Relatório do Programa de Revegetação Inicial Emergencial, 2016c (julho)

GOLDER ASSOCIATES. (2017). Anexo D. Plano de Amostragem Componente de Qualidade de Água e Sedimentos do Programa de Monitoramento das

Intervenções. Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Março 2017. Ref: RT-029\_159-515-2282-05\_B.

GOLDER ASSOCIATES. (2017). Diagnóstico da Qualidade da Água e Sedimentos dos Trechos da Bacia do Rio Doce e Zona Costeira Afetados pelo Rompimento da Barragem de Fundão - Condições Anteriores ao Rompimento. Março, 2017. 215 pp. Ref: RT-043\_515-2282-02-B.

GOLDER ASSOCIATES. (2017). Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos. Março 2017. 247 pp. Ref: RT-029\_159-515-2282-05\_B.

GOLDER ASSOCIATES. (2016) Rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Plano de Recuperação Ambiental, RT-002\_159-515-2282\_01-J, 2016a (fevereiro)

Governo do Estado de Minas Gerais. Sistema Estadual de Meio Ambiente. Acompanhamento da Qualidade das Águas do Rio Doce Após o Rompimento da Barragem da Samarco no distrito de Bento Rodrigues – Mariana/MG. 30 de Novembro de 2015.

Grupo EPA. Plano de Trabalho para a Eliminação de “gaps” de informações – Área de Abrangência: Minas gerais e Espírito Santo - PT02-16-0340-MCO-D001 de Fevereiro de 2017.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A. J. T. (1997) Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1997.

HIRATA, R. (2001) Oito perguntas e oito tentativas de respostas sobre a vulnerabilidade à poluição de aquíferos. Seminário-Traller, 1. Protección de Acuíferos Frente a La Contaminacion: Metodologia. Toluca, México, 2001.

IBGE (<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>) acessado em 23/02/2017

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração (2016) Disposição de Rejeito. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/>>

IGAM, (2009). Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório dos Aspectos Estratégicos para a Gestão de Recursos Hídricos de Minas Gerais, Fase II – Diagnóstico, Compatibilização e Alinhamento Estratégico

ITRC, Interstate Technology and Regulatory Council. (2012). Incremental Sampling Methodology. Technical and Regulatory Guidance, 2012.

ITRC, Interstate Technology and Regulatory Council. (2014). Contaminated Sediments Remediation, Remedy Selection for Contaminated Sediment. August.

KLEINMANN, R. L. P. (1990) Acid mine water treatment using engineered wetlands. In: Symposium on Acid Mine Water in Pyritic Environments. Lisboa, 1990 (Anais)

LIMA, C. E. P. (2007). Produção de Mapas de Vulnerabilidade de Solos e Aquíferos à Contaminação por Metais Pesados para o Estado de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Viçosa.

MAIA, P. H. P. & Cruz, M. J. M. (2011). Um Novo Método para Avaliar a Vulnerabilidade de Aquíferos. Braz. J. Aquat. Sci. Technol. 15(2): 29-40.

MIRANDA, L. S.; MARQUES, A. C. (2016). Hidden impacts of the Samarco mining waste dam collapse to Brazilian marine fauna – an example from the staurozoans (Cnidaria). Biota Neotropica 16(2): e20160169, 2016 (<http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0169>)

MORISAWA, M. E. (1968). Fluvial geomorphology. Binghamton, EUA: State University of New York Publications in Geomorphology. 1968

NORTON, P. J. (1992). The control of acid mine drainage with wetlands. Mine Water and the Environment, 111 (3), p. 27 – 34. 1992

OLIVEIRA, D. C. (2013). Modelos de Avaliação de Vulnerabilidade de Aquíferos. Monografia de Curso de Graduação do Instituto Federal da Bahia, Instituto de Geociências.

PICKETT, S. T. A.; WHITE, P. S. (1985). Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In PICKETT, S. T. A.; WHITE, P. S. (eds.) The ecology of natural disturbance an patch dynamics. New York: Academic Press. 1985

PISCOPO, G. (2001). Groundwater Vulnerability Map – Macquarie Catchment: Parramatta NSW – Department of Land and Water Conservation.

POFF, N. L. (1992). Why disturbances can be predictable: a perspective on the definition of disturbance in streams. J. N. Am. Benthol. Soc. 11? 86 -92. 1992

POTAMOS/AMPLO, Potamos Engenharia & Amplo Engenharia. (2016). Plano de recuperação de áreas degradadas PRAD – Barragem do Fundão. Belo Horizonte, MG. Dezembro

POTAMOS/AMPLO, Potamos Engenharia & Amplo Engenharia. (2016). Plano de Recuperação de Áreas Degradadas. PRAD. Barragem do Fundão.

Rafael, H. M. A. M. (2012) Análise do Potencial de Liquefação de uma Barragem de Rejeito (Dissertação de Mestrado – PUC Rio de Janeiro)

RG ENGENHARIA. (2016). Serviço para contenção de sedimentos por meio de vegetação. Relatório técnico. 20

RG ENGENHARIA. (2016). Serviço para contenção de sedimentos por meio de vegetação. Relatório técnico. 2016

SAENCO. (2016). Determinação de Massa Específica Aparente. Form.Pro.056. Março de 2016

SAENCO. (2016). Determinação do Peso Específico dos Grãos. Form.Pro.057. Março de 2016

SANTORE, R.C., D.M. Di Toro, P.R. Paquin, H.E. Allen, and J. Meyer. (2001). A biotic ligand model of the acute toxicity of metals. II. Application to acute copper toxicity in freshwater fish and Daphnia. Environ. Toxicol. Chem. 20:2397–2402.

SENCINDIVER, J. C.; BHUMBLA, D. K. (1988). Effects of catttails (Typha) on metal removal from mine drainage. Mine Drainage and Surface Mine Reclamation, vol. 1, Mine Water & Mine Waste, U S Bureau of Mines. Pittsburgh. 1988

Sistemas espaciais — Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação

TRW. (2003). RIDES Red Team Review Guidelines, TRW Automotive do Brasil Ltda. Julho de 2003

USEPA, US Environmental Protection Agency. (1997). Ecological Risk Assessment for Guidance for Superfund: Process for Design and Conducting Ecological Risk Assessments, Interim Final. EPA 540-R-97-006. June.

UNIÃO. (2016). Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC). Março 2016

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

ZOCHE, J. J.; FREITAS, M.; QUADROS, K. E. (2010) Concentração de Zn e Mn nos efluentes do beneficiamento de carvão mineral e em *Typha domingensis* Pers (Typhaceae). Revista Árvore (Viçosa, MG), 34 (1): 177 – 188. 2010

# **ANEXO I - DEFINIÇÃO DE METODOLOGIAS DE REMOÇÃO, TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO DO REJEITO DE ÁREAS DEGRADADAS**

# **ANEXO II - DIRETRIZES DE RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS IMPACTADAS**

# **ANEXO III - PLANO DE TRABALHO BENTO RODRIGUES**

**ANEXO IV- PLANO DE TRABALHO PARA  
ELABORAÇÃO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS À  
SAÚDE HUMANA EM ÁREAS PILOTO**

**ANEXO V - PMQQS – PROGRAMA DE  
MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE  
ÁGUA E SEDIMENTO.**

# **ANEXO VI - PLANO DE TRABALHO UHE RISOLETA NEVES - CANDONGA**

# **ANEXO VII – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)**

# **ANEXO VIII – CONTROLE DAS REVISÕES EFETUADAS**