



FUNDAÇÃO
renova

**REMOÇÃO PILOTO DE BANCO DE SEDIMENTO
NO RIO GUALAXO DO NORTE**

Abril/2019



**REMOÇÃO PILOTO DE
BANCO DE SEDIMENTO NO
RIO GUALAXO DO NORTE**

Belo Horizonte / 2019

RESUMO

Este relatório apresenta a descrição do evento, executado pela Fundação Renova em 17/08/2018, de Remoção Piloto de Banco de Sedimento no rio Gualaxo do Norte, localizado no distrito de Ponte do Gama, no município de Mariana, em Minas Gerais.

A remoção piloto foi executada com os objetivos de avaliar a viabilidade técnica-ambiental em campo e de verificar a eficácia da remoção de rejeito intracalha, uma vez que, o fundo do leito fluvial se encontra em processo de formação da camada de *lag layer*, que consiste em mistura de rejeito e sedimento natural, resultante de processo de remoção seletiva por um agente de transporte, como o vento ou a água.

As atividades desenvolvidas em campo demonstraram que, atendendo-se determinados requisitos, a remoção de bancos de sedimentos é viável tecnicamente, sem a necessidade de soluções complexas de engenharia, sendo considerada de baixo potencial de impacto ambiental. Porém, em termos de eficácia da remoção de rejeito intracalha, tal projeto torna-se inviável, uma vez que, tendo em vista os resultados obtidos pelo capeamento natural do rio com formação da camada de *lag layer*, a remoção de bancos de sedimentos acaba movimentando uma maior parcela de sedimento natural do que rejeito, inclusive reduzindo o progresso do capeamento natural do rio.

Palavras-chave: banco de sedimento, remoção de rejeito, rio Gualaxo do Norte, Plano de Manejo de Rejeito.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. CONTEXTUALIZAÇÃO..... | 5 |
| 2. EXECUÇÃO DA REMOÇÃO PILOTO | 7 |
| 3. MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL DAS INTERVENÇÕES..... | 9 |
| 2.1 ACESSO DE ESCAVADEIRA À ÁREA DE INTERVENÇÃO | 10 |
| 2.2 REMOÇÃO DOS BANCOS DE SEDIMENTOS | 12 |
| 2.3 DESTINAÇÃO DOS SEDIMENTOS | 18 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 22 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 24 |

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No dia 05 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de mineração do Fundão, operada pela mineradora Samarco, situada no município de Mariana, Minas Gerais, sofreu uma ruptura que resultou na liberação de grande fluxo de material constituído por uma mistura de rejeitos sólidos e água, causando impactos socioambientais a jusante, até a foz do rio Doce, no oceano Atlântico.

No seu trajeto a jusante, o fluxo de rejeitos e materiais agregados entrou no reservatório da barragem de Candonga (Usina Hidroelétrica Risoleta Neves), onde grande volume de material sedimentou, enquanto outra parte ultrapassou a barragem, seguindo pelo rio Doce em direção ao mar como carga sólida. Parte desses sólidos e materiais coloidais em suspensão se depositou na calha do rio Doce e nos demais reservatórios ao longo de seu curso a jusante, e parte deste material permaneceu em suspensão na água até a foz do rio Doce, com uma pluma de coloração alaranjada penetrando no ambiente estuarino e costeiro (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

Conforme informações disponibilizadas pela empresa Golder Associates (2016) um volume estimado em cerca de 43,7 Mm³ (milhões de metros cúbicos) de rejeitos e água, que representaram aproximadamente 77% de um total de 56,6 Mm³ de materiais contidos na barragem de Fundão, foram liberados quando do rompimento da barragem e por um período de alguns meses após o evento.

Deste volume, novos levantamentos de campo demonstraram que aproximadamente 27 Mm³ de rejeito ficaram depositados nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até o limite com a barragem de UHE Risoleta Neves (CH2M/JACOBS, 2018).

Tendo em vista a magnitude dos impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, foi elaborado o Plano de Manejo de Rejeito (PMR), aprovado em agosto de 2017 pelo Comitê Interfederativo (CIF). O PMR dividiu a área impactada em 17 trechos, considerando aspectos geomorfológicos, tipo de vegetação, uso do solo e o conceito de otobacias.

O PMR definiu 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 Deliberação CIF nº 86/2017.

No âmbito da Governança do PMR, o Comitê Interfederativo (CIF) e a Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental (CT-GRSA) aprovaram o manejo de rejeitos do rio Gualaxo do Norte, compreendido pelos trechos 6, 7, 8 e 9 do PMR. Serão executados os seguintes projetos:

- Recuperação florestal da mata ciliar;
- Manutenção das obras de controle de erosão e bioengenharia;
- Retomada das atividades agropecuárias;
- Renaturalização fluvial;
- Recuperação da cachoeira Camargos.

Outras soluções de manejo de rejeito estão em discussão na CT-GRSA: a remoção de bancos de sedimentos e o projeto piloto de estação de tratamento natural.

O presente relatório tem como objetivo descrever as etapas de execução, monitoramento e controle da Remoção Piloto de Banco de Sedimentos T09-BANCO-07 do rio Gualaxo do Norte, localizado no município de Mariana, em Minas Gerais.

A remoção piloto foi executada com os objetivos de avaliar a viabilidade técnica-ambiental em campo e de verificar a eficácia da remoção de rejeito intracalha, uma vez que, o fundo do leito fluvial se encontra em processo de formação da camada de *lag layer*, que consiste em mistura de rejeito e sedimento natural, resultante de processo de remoção seletiva por um agente de transporte, como o vento ou a água.

2. EXECUÇÃO DA REMOÇÃO PILOTO

No dia 17 de agosto de 2018, no horário entre 13h e 15h, a Fundação Renova realizou a remoção piloto do banco de sedimentos localizado no Trecho 9, próximo à ponte do distrito de Ponte do Gama, situado no município de Mariana, Minas Gerais. Este banco de sedimento foi registrado como código T09-BANCO-07.

As coordenadas geográficas do banco de sedimentos são latitude 20°16'12" S e longitude 43°17'52" O, datum WGS84. Na **Figura 1**, apresenta-se a localização do banco.

Figura 1 – Banco de Sedimentos T09-BANCO-07 - Imagens do GoogleEarth



A remoção piloto foi executada por meio de escavadeira mecânica, acessando a calha do rio Gualaxo do Norte pela margem direita, a montante da ponte do distrito, sem a necessidade de entrar em contato com o leito fluvial do curso d'água.

O equipamento removeu, em 2 horas de serviço, uma camada média aproximada de 40 centímetros de sedimento em área de 250 m², adotando-se como premissa para a profundidade da remoção o atingimento da superfície do nível d'água do rio Gualaxo do Norte, totalizando um volume aproximado de 100 m³ de sedimentos removidos (5 viagens de caminhão).

Nas **Figuras 2a, 2b, 2c e 2d** são apresentadas etapas da remoção do banco de sedimentos T09-BANCO-07.

Figuras 2a, 2b, 2c e 2d – Remoção do Banco de Sedimentos T09-BANCO-07.



2a



2b



2c



2d

O volume de material removido foi destinado para os seguintes locais:

- Local 1: sedimento aplicado em acesso da Fazenda Ponte do Gama, coordenadas latitude 20°16'11.9" S e longitude 43°17'54.0" W, datum SIRGAS2000;
- Local 2: sedimento aplicado em acesso do Sítio Carvoeiro, coordenadas latitude 20°16'39.1" S e longitude 43°17'41.7" W, datum SIRGAS2000;
- Local 3: sedimento aplicado em acesso do Sítio Carvoeiro, coordenadas latitude 20°16'41.7" S e longitude 43°17'39.3" W, datum SIRGAS2000;
- Local 4: sedimento destinado para aterro João Tavares, em Barra Longa, coordenadas latitude 20°17'23.1" S e longitude 43°03'31.7" W, datum SIRGAS2000.

3. MONITORAMENTO E CONTROLE AMBIENTAL DAS INTERVENÇÕES

O processo remoção piloto do banco de sedimentos possui o potencial de geração de impactos ambientais. Visando mitigar estes impactos, foram adotadas uma série de medidas de controle e monitoramento ambientais durante as etapas de transporte, remoção e destinação do banco T09-BANCO-07.

A Tabela 1 apresenta as atividades, potenciais impactos e medidas de controle/monitoramento ambiental.

Tabela 1 – Lista de Potenciais Impactos da Remoção de Banco de Sedimentos.

| Estudo de Caso – Remoção Piloto T09-BANCO-07 | | | |
|---|---|---------------------|--|
| Atividade | Potencial de Impacto | Impacto Verificado? | Controle / Monitoramento |
| Trânsito de escavadeira mecânica na área de intervenção (entrada e saída, acesso existente) | Abertura de novos acessos | Inexistente | - |
| | Supressão vegetal nas margens | Inexistente | - |
| | Erosões nas margens | Insignificante | Retentores, drenagens e bioengenharia |
| | Remobilização de rejeito fino | Insignificante | Monitoramento hídrico e perfil sedimentológico |
| Remoção do banco de sedimentos | Alargamento do canal do rio | Inexistente | - |
| | Alteração da profundidade do canal do rio | Inexistente | - |
| | Remobilização de rejeito fino | Insignificante | Monitoramento hídrico e perfil sedimentológico |
| | Alteração da qualidade da água | Insignificante | Monitoramento hídrico |
| Destinação dos sedimentos | Regularização de acessos | Insignificante | Drenagens e manutenção do acesso |
| | Contaminação do solo | Insignificante | Monitoramento do sedimento |
| | Emissão de poeira | Inexistente | - |

2.1 ACESSO DE ESCAVADEIRA À ÁREA DE INTERVENÇÃO

Para acessar a calha do rio foram utilizados os acessos já existentes na região, sem a necessidade de supressão de vegetação, por outro lado, as rochas do enrocamento da margem direita foram deslocadas para permitir o trânsito da escavadeira mecânica e transporte do material para a planície, como área de espera para destinação final.

Após a remoção, foram realizadas as seguintes atividades de controle de erosão:

- Recolocação das rochas de diâmetro 800mm no enrocamento existente no local;
- Regularização do talude com auxílio da escavadeira;
- Instalação de descida d'água em pedras de mão, forrada com manta geotêxtil;
- Instalação de retentor de sedimentos tipo biorolo, diâmetro 40mm;
- Direcionamento da drenagem do acesso para a descida d'água; e
- Semeio em toda área de intervenção nas margens.

Como a área é muito rochosa, não foi possível instalar biomantas bidimensionais de coco devido à dificuldade de fixação dos grampos.

Em abril de 2019, foram realizados novos reparos nos acessos da área de intervenção, com regularização do piso e instalação de leira de proteção do talude. Parte do material retirado do rio foi utilizado no próprio acesso.

Nas **Figuras 3a, 3b, 3c, 3d e 3e** são apresentadas as manutenções realizadas nos acessos da área de intervenção.

Figura 3a, 3b, 3c, 3d e 3e – Intervenções e melhorias no acesso da propriedade Fazenda Ponte do Gama.



3a. Reparos realizados no acesso da Fazenda Ponte do Gama, com regularização do piso e instalação de uma leira de proteção do talude.



3b. Material retirado do rio sendo aplicado no acesso.



3c. Realização de acabamento na pista regularizada.



3d. Detalhe de drenagem instalada na entrada do acesso,
data: 05/04/2019, hora: 14:18.



3e. Detalhe da leira instalada e da drenagem da pista que leva a
água para outro ponto de drenagem mais à jusante.

2.2 REMOÇÃO DOS BANCOS DE SEDIMENTOS

A remoção do banco T09-BANCO-07 consistiu na utilização de uma escavadeira mecânica por curto período de tempo (2 horas), sem o equipamento entrar em contato com o leito fluvial.

O equipamento removeu uma camada média aproximada de 40 centímetros de sedimento em área de 250 m², acima do nível da água, totalizando um volume aproximado de 100 m³ de sedimentos removidos (5 viagens de caminhão). A atividade de remoção não ocasionou em alterações na morfologia da calha do rio.

Para esta atividade, torna-se importante avaliar a composição química, a granulometria e a presença de rejeito fino no banco de sedimentos a ser removido, bem como a qualidade da água. Estes parâmetros auxiliarão na determinação da eficiência da remoção do banco, em termos de redução do volume de rejeitos intracalha e seu benefício ambiental, uma vez que, o fundo do leito fluvial se encontra em processo de formação da camada de *lag layer*, que consiste em uma camada ou depósito de material mais grosseiro ou mais denso, mistura de rejeito e sedimento natural, resultante de processo de remoção seletiva por um agente de transporte, como o vento ou a água.

Os resultados das campanhas de monitoramento de perfis sedimentológicos e granulometria, executadas entre os anos de 2017 e 2018, apresentados abaixo, auxiliam na avaliação da eficiência da remoção do banco de sedimentos.

Em termos de identificação da presença de rejeito, entre novembro e dezembro de 2017, no âmbito da fase de caracterização ambiental do Plano de Manejo de Rejeito do Trecho 9, a empresa CH2M/JACOBS executou 2 transectos T9T9 e T9T10 (6 furos de sondagem intracalha no total) no rio Gualaxo do Norte, em áreas a montante e a jusante do banco T09-BANCO-07.

Em agosto de 2018, em campanha de topobatimetria da empresa AMBILEV após a remoção, foram executados dois novos furos de sondagem T9S23-S32 e T9S24-S33, desta vez, na área do banco T09-BANCO-07.

Em setembro de 2018, a empresa MERIEUX realizou coletas de sedimento para análise de granulometria de dezenas de bancos de sedimentos, inclusive na área do banco T09-BANCO-07 e outros bancos similares do entorno, T09-BANCO-06 e T09-BANCO-08.

Na **Tabela 2** e **Figura 4** são apresentadas as informações sobre os transectos realizados na campanha de 2017. Pode-se verificar que não foi identificada a presença de rejeito no transecto a montante, por outro lado, a jusante foi identificada espessura média de 0,37m com maior presença de rejeito lavado.

Com relação à campanha da empresa AMBILEV, em agosto 2018, mesmo após a remoção do banco de sedimentos, pode-se observar a existência de camada de topo de *lag layer* (15 a 18 cm de profundidade) formada por areia média a grossa com seixos.

Cabe ressaltar que, de acordo com Morgenstern et al. (2016), os rejeitos armazenados na barragem de Fundão eram formados por rejeitos com diâmetro máximo (D100%) de 0,200 mm, ou seja, correspondem a faixa granulométrica a partir de areia fina ou menor.

Os resultados da campanha de granulometria da empresa MERIEUX (**Tabela 3**) demonstraram que a camada superior dos bancos de sedimentos não removidos da Ponte do Gama (T09-BANCO-06 e T09-BANCO-08) possuem significativa proporção de areia na fração grossa (2,0 a 0,2 mm), enquanto que a área do banco removido T09-BANCO-07 apresentou, após a remoção, maior proporção de areia fina (0,21 a 0,05 mm), essa fração esta mais associada ao rejeito de Fundão.

Tabela 2 – Dados dos Transectos a Montante e a Jusante de T09-BANCO-07, Campanha nov/17 a dez/17.

| Identificação da Sondagem | Período | Espessura na Sondagem | | | Transecto |
|---------------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Rejeito Lavado (m) | Rejeito Inconsolidado (m) | Total da Sondagem (m) | Espessura Média (m) |
| T9T9-04 | Nov/17 a Dez/17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| T9T9-05 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| T9T9-06 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| T9T10-04 | Nov/17 a Dez/17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 |
| T9T10-05 | | 0,51 | 0,00 | 0,51 | |
| T9T10-06 | | 0,45 | 0,15 | 0,60 | |

Figura 4 – Sondagens a Montante, a Jusante e na Área do T09-BANCO-07 - Imagens do GoogleEarth.

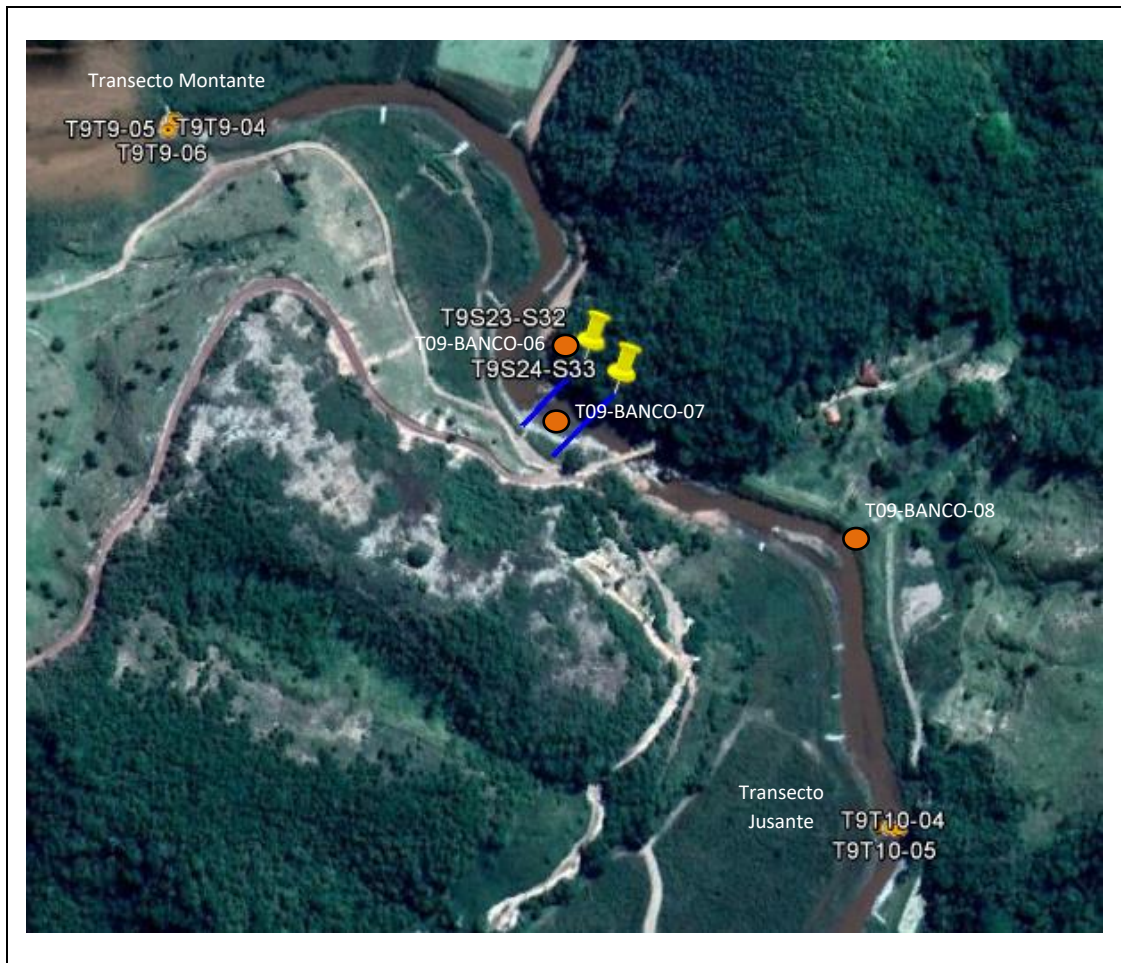


Tabela 3 – Dados de Granulometria de Bancos de Sedimentos, Campanha set/18.

| Elementos | Unidade | T09- BANCO-06 T09-BS134 | T09- BANCO-06 T09-BS135 | T09- BANCO-07 T09-S136 | T09- BANCO-07 T09-S137 | T09- BANCO-08 T09-S138 | T09- BANCO-08 T09-S139 |
|--------------------------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Data da Coleta | | 13/09/2018 | 13/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 |
| Latitude | Graus | -20,2697 | -20,2698 | -20,2701 | -20,2715 | -20,2708 | -20,2710 |
| Longitude | Graus | -43,2982 | -43,2982 | -43,2982 | -44,2979 | -43,2964 | -43,2962 |
| Areia Grossa (2,00 a 0,210 mm) | g/kg | 959 | 791 | 93 | 437 | 807 | 802 |
| Areia Fina (0,210 a 0,053 mm) | g/kg | 30 | 154 | 574 | 489 | 185 | 189 |
| Silte (0,053 a 0,002 mm) | g/kg | 11 | 55 | 333 | 74 | 8 | 9 |
| Argila (< 0,002 mm) | g/kg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Areia Grossa (2,00 a 0,210 mm) | % | 95,9 | 79,1 | 9,3 | 43,7 | 80,7 | 80,2 |
| Areia Fina (0,210 a 0,053 mm) | % | 3,0 | 15,4 | 57,4 | 48,9 | 18,5 | 18,9 |
| Silte (0,053 a 0,002 mm) | % | 1,1 | 5,5 | 33,3 | 7,4 | 0,8 | 0,9 |
| Argila (< 0,002 mm) | % | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Durante a atividade de remoção do banco de sedimentos, foram efetuados registros fotográficos a montante e a jusante da área de intervenção com o objetivo de avaliar visualmente a ocorrência de remobilização de sedimentos e de alterações de cor e turbidez do rio.

Por meio desta avaliação não foram identificadas alterações na cor e turbidez do rio, comparando-se as áreas a montante e a jusante do banco T09-BANCO-07. Também não foi visualizada a remobilização de sedimentos de granulometria fina. Cabe ressaltar que no dia em que foi realizada a intervenção ocorreram chuvas esparsas na área.

Nas **Figuras 5a a 5h** são apresentados registros fotográficos das áreas a montante e jusante do banco de sedimentos T09-BANCO-07.

Figuras 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 5f, 5g e 5h – Áreas a Montante e Jusante do Banco de Sedimentos T09-BANCO-07



5a – Área a Montante



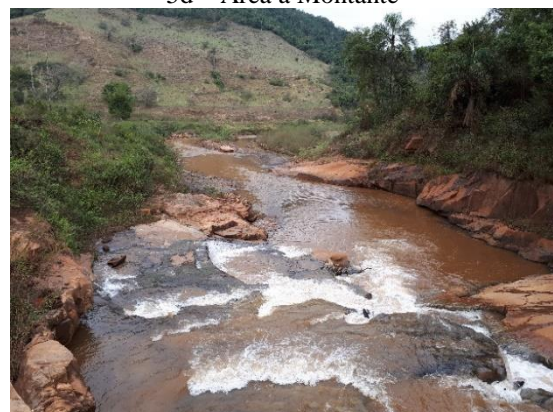
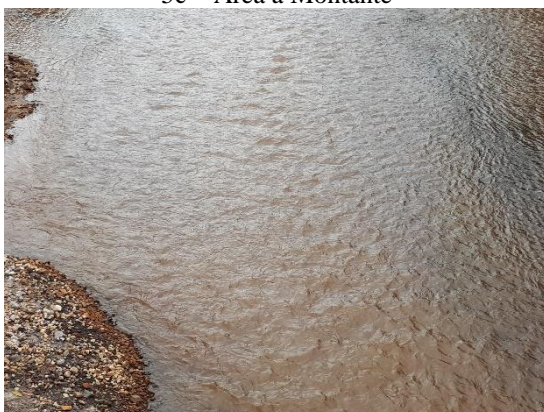
5b – Área a Montante



5c – Área a Montante



5d – Área a Montante



5e – Área a Jusante



5g – Área após a Remoção

5f – Área a Jusante



5h – Área após a Remoção

Com relação ao monitoramento hídrico, o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos (PMQQS) implementou dois pontos de monitoramento manual de água superficial próximos à área do banco T09-BANCO-07.

O ponto RGN03 está localizado 450 metros a montante do banco. Com relação a jusante do banco, o ponto RGN04 está localizado a 2 quilômetros do banco de sedimentos.

A remoção do banco foi efetuada em 17/08/2018, por este motivo, foram analisados os dados dos meses de julho a setembro de 2018.

Os resultados do monitoramento nos pontos RGN03 e RGN04 para os parâmetros Alumínio Dissolvido, Ferro Dissolvido e Turbidez não registraram concentrações acima do limite da resolução CONAMA N° 357/2005, antes e depois do evento de remoção.

Os resultados do parâmetro Manganês Total, nos pontos RGN03 e RGN04, apresentaram concentrações acima do limite da resolução CONAMA N° 357/2005, somente em período anterior ao evento de remoção.

Também foram avaliados três pontos monitorados no âmbito do Plano de Monitoramento Quali-quantitativo das Águas do rio Doce e seus Tributários em Função das Intervenções (PMQQVAI), localizados em área a montante e jusante do local da remoção. Estes pontos (RG-06, RG-07 e RG-08), não apresentaram concentrações acima do limite para os parâmetros avaliados no presente relatório.

Nas **Tabelas 4 e 5** são apresentados os resultados do monitoramento hídrico.

Tabela 4 – Resultados do monitoramento hídrico montante e jusante, antes do evento.

| Ponto de Amostragem | Data da Coleta | Localização | Alumínio dissolvido (mg/L) | Ferro dissolvido (mg/L) | Manganês total (mg/L) | Turbidez (NTU) |
|---------------------------|---------------------|-------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| Limite CONAMA N° 357/2005 | - | - | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 100 |
| RGN03 | 11/07/2018 11h28 | Montante | <0,0250 | <0,050 | 0,178 | 27 |
| RG-06 | 17/07/2018 10h21 | Montante | 0,017 | <0,001 | 0,0516 | 47,6 |
| RGN03 | 08/08/2018 11:15 | Montante | <0,0250 | <0,050 | 0,149 | 37 |
| RG-08 | 10/07/2018 10h25 | Jusante | 0,00594 | <0,001 | 0,0411 | 34,2 |
| RGN04 | 12/07/2018 10h17 | Jusante | <0,0250 | <0,050 | 0,116 | 27 |
| RG-07 | 17/07/2018 10h21 | Jusante | 0,00525 | 0,0606 | 0,0748 | 28,8 |
| RGN04 | 08/08/2018 12h40 | Jusante | <0,0250 | 0,072 | 0,114 | 36 |
| RG-08 | 17/08/2018 10h17 | Jusante | 0,0371 | 0,0527 | 0,0353 | 8,2 |

Tabela 5 – Resultados do monitoramento hídrico montante e jusante, após o evento.

| Ponto de Amostragem | Data da Coleta | Localização | Alumínio dissolvido (mg/L) | Ferro dissolvido (mg/L) | Manganês total (mg/L) | Turbidez (NTU) |
|---------------------------|---------------------|-------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| Limite CONAMA N° 357/2005 | - | - | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 100 |
| RG-06 | 22/08/2018 10h32 | Montante | <0,001 | 0,0992 | 0,0507 | 99,2 |
| RGN03 | 04/09/2018 10h30 | Montante | 0,0278 | <0,050 | 0,0401 | 2 |
| RG-06 | 19/09/2018 10h36 | Montante | <0,001 | 0,0777 | 0,0266 | 38,7 |
| RG-07 | 22/08/2018 10h32 | Jusante | 0,0079 | 0,117 | 0,0353 | 11,4 |
| RGN04 | 04/09/2018 13h10 | Jusante | <0,0250 | <0,050 | 0,0525 | 11 |
| RG-08 | 13/09/2018 15h01 | Jusante | <0,001 | 0,12 | 0,0296 | 11,7 |
| RG-07 | 19/09/2018 10h36 | Jusante | <0,001 | 0,0167 | 0,0308 | 39,6 |

2.3 DESTINAÇÃO DOS SEDIMENTOS

Com relação à destinação dos sedimentos, foram considerados os seguintes critérios:

1. Restrições de usos do material, em termos de potencial de contaminação química;
2. Viabilidade de outros usos do material como, por exemplo, em acessos ou manutenção de drenagens;
3. Existência de aterro próximo da área do banco de sedimentos.

Sobre o item 1, de acordo com o Artigo 9º da resolução CONAMA Nº 454/2012, a caracterização do material a ser removido para disposição em solo deverá obedecer o ANEXO II da resolução CONAMA Nº 420/2009.

Desta forma, procedeu-se com a coleta de 12 amostras de sedimentos dos bancos T09-BANCO-06, T09-BANCO-07 e T09-BANCO-08 para caracterização química do trecho da Ponte do Gama e avaliação do uso do material removido do banco T09-BANCO-07 para manutenção de acessos em propriedades do entorno (Valor de Investigação Residencial).

Na **Tabela 6** são apresentados os resultados da caracterização química, tomando-se como referência os limites da resolução CONAMA 420/2009 para uso residencial. Os resultados demonstraram que não há restrição para uso do material do banco de sedimentos T09-BANCO-07 e T09-BANCO-08 em manutenção de acessos, pois nenhum dos parâmetros químicos violaram os limites da o Valor de Investigação Residencial da CONAMA 420/2009.

Tabela 6 – Resultados da caracterização química dos bancos de sedimentos da Ponte do Gama.

| Elementos | Unidade | Conama 420/2009 Valor Investigação Residencial | T09-BANCO-06 T09-BS36 | T09-BANCO-06 T09-BS37 | T09-BANCO-06 T09-BS134 | T09-BANCO-06 T09-BS135 | T09-BANCO-07 T09-S38 | T09-BANCO-07 T09-S39 | T09-BANCO-07 T09-S136 | T09-BANCO-07 T09-S137 | T09-BANCO-08 T09-S40 | T09-BANCO-08 T09-S41 | T09-BANCO-08 T09-S138 | T09-BANCO-08 T09-S139 | Valor Médio |
|-------------|---------|--|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Data Coleta | | | 13/09/2018 | 13/09/2018 | 13/09/2018 | 13/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | 14/09/2018 | - |
| Latitude | Graus | - | -20,2697 | -20,2698 | -20,2697 | -20,2698 | -20,2701 | -20,2715 | -20,2701 | -20,2702 | -20,2708 | -20,2710 | -20,2708 | -20,2710 | - |
| Longitude | Graus | - | -43,2982 | -43,2982 | -43,2982 | -43,2982 | -43,2982 | -44,2979 | -43,2982 | -43,2979 | -43,2964 | -43,2962 | -43,2964 | -43,2962 | - |
| Alumínio | mg/kg | - | 3.710 | 4.160 | 6.270 | 6.490 | 4.040 | 2.840 | 3.610 | 3.190 | 2.810 | 1.640 | 2.320 | 1.160 | 3.520,0 |
| Antimônio | mg/kg | 10 | 3,1 | < 1 | 4,27 | 2,35 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 1,6 |
| Arsênio | mg/kg | 55 | 122 | 23,3 | 30,6 | 24,5 | 1,53 | 16,1 | 11,6 | 18,5 | 3,15 | < 1 | 7,62 | < 1 | 21,7 |
| Bário | mg/kg | 500 | 453 | 238 | 558 | 165 | 95,7 | 382 | 90,3 | 151 | 233 | 177 | 417 | 224 | 265,3 |
| Boro | mg/kg | - | 1.170 | 837 | 1.490 | 874 | 439 | 895 | 442 | 1.140 | 1.020 | 1.110 | 1.160 | 1.290 | 988,9 |
| Cádmio | mg/kg | 8 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | 0,1 |
| Chumbo | mg/kg | 300 | 29,9 | 20,6 | 39,8 | 25,6 | 9,88 | 20,1 | 11 | 29,5 | 22,7 | 24 | 28,1 | 27,3 | 24,0 |
| Cobalto | mg/kg | 65 | 12,6 | 10,7 | 13,1 | 9,83 | 4,39 | 15,9 | 3,86 | 7,32 | 8,56 | 7,59 | 8,47 | 7,15 | 9,1 |
| Cobre | mg/kg | 400 | 24,3 | 10,2 | 19,2 | 16,8 | 5,38 | 6,32 | 4,73 | 4,74 | 4,51 | 3,68 | 4,78 | 1,33 | 8,8 |
| Cromo | mg/kg | 300 | 86,5 | 59,2 | 110 | 99,2 | 15,2 | 53 | 13,3 | 64,6 | 49,1 | 37,3 | 48,5 | 12,3 | 54,0 |
| Ferro | mg/kg | - | 420.000 | 285.000 | 493.000 | 298.000 | 134.000 | 279.000 | 140.000 | 375.000 | 338.000 | 364.000 | 386.000 | 433.000 | 328.750,0 |
| Manganês | mg/kg | - | 6.160 | 2.690 | 5.140 | 2.390 | 1.230 | 4.340 | 1.070 | 2.330 | 2.490 | 2.170 | 4.650 | 2.620 | 3.106,7 |
| Mercúrio | mg/kg | 36 | 0,285 | 0,107 | 0,352 | 0,226 | 0,0806 | 0,0805 | 0,0691 | 0,107 | 0,0868 | 0,0981 | 0,225 | 0,077 | 0,1 |
| Molibdênio | mg/kg | 100 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 1,0 |
| Níquel | mg/kg | 100 | 22,2 | 13,2 | 36,2 | 23,6 | 6,17 | 18,2 | 5,07 | 19,2 | 12,8 | 13,3 | 20,9 | 9,03 | 16,7 |
| Prata | mg/kg | 50 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 1,0 |
| Selênio | mg/kg | - | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 1,0 |
| Vanádio | mg/kg | - | 58,7 | 38,3 | 78,5 | 46,7 | 21,4 | 39,5 | 20,9 | 51,4 | 40,4 | 40,5 | 46,5 | 45,7 | 44,0 |
| Zinco | mg/kg | 1.000 | 23 | 16,4 | 23,3 | 23,1 | 33,4 | 19,1 | 11,6 | 15,4 | 10,8 | 11,8 | 21,2 | 16,2 | 18,8 |

Com base nas características químicas, usos potenciais e opinião dos proprietários rurais do entorno, o volume de material removido, total de 100 m³, foi destinado para os seguintes locais:

- Local 1: sedimento aplicado em acesso da Fazenda Ponte do Gama, coordenadas latitude 20°16'11.9" S e longitude 43°17'54.0" W, datum SIRGAS2000;
- Local 2: sedimento aplicado em acesso do Sítio Carvoeiro, coordenadas latitude 20°16'39.1" S e longitude 43°17'41.7" W, datum SIRGAS2000;
- Local 3: sedimento aplicado em acesso do Sítio Carvoeiro, coordenadas latitude 20°16'41.7" S e longitude 43°17'39.3" W, datum SIRGAS2000;
- Local 4: sedimento destinado para aterro João Tavares, em Barra Longa, coordenadas latitude 20°17'23.1" S e longitude 43°03'31.7" W, datum SIRGAS2000.

As **Figuras 6, 7 e 8** apresentam os registros fotográficos dos locais, que receberam novas intervenções de manutenção de acessos em março de 2019.

Figura 6 – Local 1 – Sedimento Aplicado em Acesso da Fazenda Ponte do Gama – Situação Atual.



Reparos realizados no acesso da Fazenda Ponte do Gama, com regularização do piso e instalação de uma leira de proteção do talude.



Realização de acabamento na pista regularizada.



Visão geral de acesso mantido com drenagens, instalação de leira de proteção do talude e aplicação de material removido da calha do rio no próprio acesso.



Detalhe da leira instalada e da drenagem da pista.

Figura 7 – Local 2 – Sedimento Aplicado em Acesso do Sítio Carvoeiro – Situação Atual.



Atividades de regularização de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.



Atividades de regularização de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.



Atividades de regularização concluídas de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.



Atividades de regularização concluídas de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.

Figura 8 – Local 3 – Sedimento Aplicado em Acesso do Sítio Carvoeiro – Situação Atual.



Atividades de regularização de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.



Atividades de regularização de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.



Atividades de regularização concluídas de uma das viagens aplicadas no acesso da propriedade Sítio Carvoeiro.

Com relação ao Local 4, o material foi destinado para o aterro da Fazenda João Tavares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução da Remoção Piloto do Banco de Sedimentos T09-BANCO-07 permitiu avaliar em escala real a viabilidade técnica-ambiental da remoção de sedimentos, os potenciais impactos ambientais da remoção e a eficácia em termos de volume de remoção de rejeito, uma vez que o leito do rio se encontra em processo de formação da camada de *lag layer*, que consiste em uma camada ou depósito de material mais grosseiro ou mais denso, mistura de rejeito e sedimento natural, resultante de processo de remoção seletiva por um agente de transporte, como o vento ou a água.

As atividades desenvolvidas em campo demonstraram que, atendendo-se determinados requisitos (**Tabela 7**), a remoção de bancos de sedimentos é viável tecnicamente, sem a necessidade de soluções complexas de engenharia, sendo considerada de baixo potencial de impacto ambiental. Porém, em termos de eficácia da remoção de rejeito intracalha, tal projeto torna-se inviável, uma vez que, tendo em vista os resultados obtidos pelo capeamento natural do rio com formação da camada de *lag layer*, a remoção de bancos de sedimentos acaba movimentando uma maior parcela de sedimento natural do que rejeito, inclusive reduzindo o progresso do capeamento natural do rio.

A **Tabela 7** resume as principais premissas, requisitos e considerações a respeito da remoção de banco de sedimentos.

Tabela 7 – Considerações sobre a Remoção de Banco de Sedimentos.

| Objetivo | Premissas / Requisitos | Análise Crítica | Considerações |
|---|--|---|--|
| <p>Avaliar a viabilidade técnica-ambiental da remoção de bancos de sedimentos</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Profundidade da remoção está limitada ao atingimento da superfície do nível d'água do curso d'água. - Vias de acesso existentes. - Taludes de baixa inclinação nas margens. - Banco de sedimentos próximo da margem. - Uso de escavadeira mecânica. - Atividade em nível d'água abaixo de 0,90m de profundidade - Período seco. - Sedimentos sem restrição de usos para incorporação aos acessos e drenagens (CONAMA 420/09). - Rotina de manutenção de acessos, drenagens e controle de erosão da área de intervenção. - Monitoramento hídrico antes, durante e após a intervenção, demonstrando alteração insignificante na qualidade da água. | <p>Atendendo-se as premissas / requisitos, a remoção de banco de sedimentos foi eficaz em termos de remoção de rejeito?</p> <p>Estudo de Caso da Remoção Piloto do Banco de Sedimentos T09-BANCO-07</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Para o caso do banco T09-BANCO-07, sem restrições de uso residencial (CONAMA 420/09), o material adequou-se para manutenção de acessos e drenagens. - Volume de remoção inexpressivo (100 m³) em relação ao total de rejeito intracalha (1.000.000 m³). - Bancos de sedimentos de referência (T09-BANCO-06 e T09-BANCO-08) formados por camada de <i>lag layer</i> com baixo percentual de granulometria na faixa abaixo de areia fina (< 20%) e alto percentual de granulometria na faixa areia grossa (> 80%), indicando maior teor de sedimento natural misturado ao rejeito lavado. - Área do banco de sedimento T09-BANCO-07, após a remoção, passou a apresentar maior proporção de sedimentos finos, incluindo frações areia fina e silte. 8 meses após a remoção, observa-se a formação de novo banco de sedimentos no mesmo local. - Levando-se em consideração as análises dos perfis sedimentológicos e granulometria, significa parcela do sedimento removido era formada por sedimento natural. |

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CH2M/JACOBS (2018). VOLUME 4. APLICAÇÃO DO PLANO DE MANEJO DE REJEITO NO TRECHO 9 REVISÃO 1. Relatório preparado pela CH2M/JACOBS para Fundação Renova.

GOLDER ASSOCIATES. Relatório da Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão. 2016.

Morgenstern, N. R., Vick, S. G., Viotti, C. B., and Watts, B. D. (2016). Fundão Tailings Dam Review Panel: Report on the Immediate Causes of the Failure of the Fundão Dam.