



PAEBM

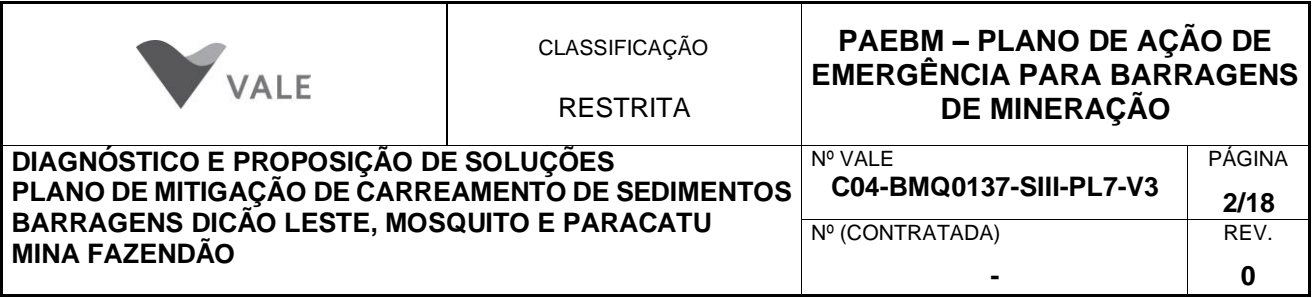
PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA
BARRAGENS DE MINERAÇÃO

SEÇÃO III

PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE
REJEITOS/SEDIMENTOS


BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO, PARACATU

MINA FAZENDÃO




| |
|----------|
| REVISÕES |
|----------|

[illegible]

| | | | |
|---|--|---|--------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 3/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

ÍNDICE

| ITEM | DESCRIÇÃO | PÁGINA |
|------|--|--------|
| 1.0 | INTRODUÇÃO | 4 |
| 2.0 | CONTEXTUALIZAÇÃO | 4 |
| 3.0 | ALTERNATIVAS PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E APLICABILIDADE | 7 |
| 4.0 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 17 |
| | ANEXO – MAPAS | 18 |

| | | | |
|--|------------------------------------|---|--|
|  | CLASSIFICAÇÃO RESTRITA | PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO | |
| DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO | Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3 | PÁGINA 4/18 | |
| | Nº (CONTRATADA) - | REV. 0 | |

1.0 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o diagnóstico e proposição de soluções para compor o plano de mitigação de carreamento de rejeitos, resíduos ou sedimentos para a Mina Fazendão, pertencentes ao Complexo Mariana da VALE, a saber: Dição Leste, Mosquito e Paracatu.

2.0 CONTEXTUALIZAÇÃO

O PAEBM é regulamentado e fiscalizado pela Agência Nacional de Mineração (ANM) em cumprimento à Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a qual foi instituída pela Lei Federal Nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, com modificações dadas pela Lei Federal Nº 14.066, de 30 de setembro de 2020.

No Estado de Minas Gerais, a Política Estadual de Segurança de Barragens foi instituída pela Lei Estadual Nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, e tem sua implementação a realizar-se de forma articulada com a PNSB e com as Políticas Nacional e Estadual de Meio Ambiente e de Proteção e Defesa Civil. Nesse âmbito, os procedimentos para análise e aprovação do PAE são regulamentados pelo Decreto Estadual Nº 48.078, de 5 de novembro de 2020.


A Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM nº 3.049, de 2 de março de 2021, no âmbito das competências do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos definidas pelo Decreto nº 48.078 supracitado, estabelece em seu Art. 5º (inciso V), que no momento do requerimento de Licença de Operação (LO) o PAEBM deverá ser complementado com um plano de mitigação do carreamento de rejeitos, resíduos ou sedimentos para os corpos hídricos, cuja etapa de diagnóstico é tratada neste documento.

2.1 PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DOS ESTUDOS DE RUPTURA HIPOTÉTICA

No estudo de ruptura hipotética (Dam Break) da Barragem Dição Leste (19602-BDLF-G01_RT001), o modo de falha considerado foi a erosão interna (*piping*). Os trechos considerados para a propagação das ondas de ruptura e do trânsito de cheias naturais, foi limitado do pé da Barragem Dição Leste, na face de jusante, até a montante da confluência do Rio Maquiné com o Córrego do Retiro (cerca de 14km a jusante do eixo da Barragem Dição Leste).

O estudo de ruptura hipotética (Dam Break) da Barragem Mosquito foi realizado pela TETRA TECH em 2018 (RL-TTC-C05556-03-MOS), o modo de falha considerado na ruptura hipotética da barragem foi o galgamento. Para o cenário mais crítico simulado, o critério de parada considerou uma distância total de 25,9 km a jusante da barragem.

O estudo de ruptura hipotética (Dam Break) da Barragem Paracatu foi realizado pela TETRA TECH em 2020 (19602-DIPF-G01-RT001), selecionou-se o modo de falha por piping (erosão interna) na simulação da ruptura

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | <p>PÁGINA 5/18</p> |
| | | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | <p>REV. 0</p> |

desta estrutura. Para este cenário crítico simulado, o critério de parada considerou uma distância total de 1,38 km a jusante da barragem, limitando-se a reservatório da Barragem Mosquito. Conforme consta no estudo de ruptura hipotética (TETRA TECH, 2020) uma eventual ruptura do Dique Paracatu (em todos os cenários de simulação) não ocasiona galgamento da Barragem Mosquito, localizada a jusante.

A Tabela 2.1 apresenta a relação das barragens que compõe o estudo e os principais cursos d'água potencialmente impactados pela envoltória hipotética de ruptura e a Figura 2.1 a localização das barragens.

Tabela 2.1 - Barragens que compõe a sub-bacia supracitada e os principais cursos d'água. (Fonte: Seção I PAEBM)

| Barragem | Mina | Complexo | Localização (município) | Curso d'água potencialmente impactado |
|-------------|----------|----------|-------------------------|---|
| Dicão Leste | Fazendão | Mariana | Mariana | Córrego São Luís e ribeirão dos Coqueiros |
| Mosquito | Fazendão | Mariana | Mariana | Ribeirão dos Coqueiros e rio Maquiné |
| Paracatu | Fazendão | Mariana | Mariana | Córrego Paracatu |

Uma breve análise dos estudos hipotéticos de ruptura disponibilizados, observa-se que a envoltória de inundação da Barragem Paracatu, fica contida no reservatório da barragem Mosquito. As envoltórias de inundação das barragens Dicão Leste e Mosquito se desenvolvem ao longo do ribeirão Coqueiros, sendo que nos trechos comuns, a envoltória de Dicão Leste está contida na envoltória de Mosquito.

O trecho inicial da mancha de inundação de Dicão Leste, há um trecho mais plano e sujeito a deposição de sedimentos e material mais pesado, como troncos de árvores e restos de construções eventualmente atingidas, a julgar pelo imageamento observado (Figura 2.2).


| | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | <p>PÁGINA 6/18</p> |
| | | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | <p>REV. 0</p> |



Figura 2.1 – Localização das Barragens contempladas no estudo – Mina Fazendão

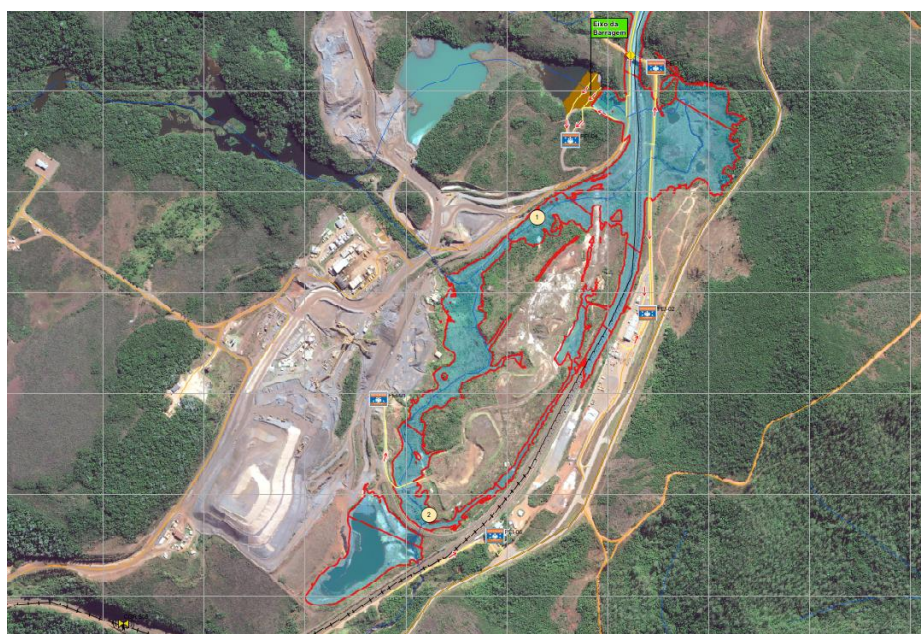



Figura 2.2 – Trecho plano sujeito a deposição e sedimentos a jusante de Diclão Leste

| | | | |
|--|------------------------------------|---|--|
|  | CLASSIFICAÇÃO RESTRITA | PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO | |
| DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO | Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3 | PÁGINA 7/18 | |
| | Nº (CONTRATADA) - | REV. 0 | |

3.0 ALTERNATIVAS PARA CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS E APLICABILIDADE

Este capítulo apresenta o diagnóstico desenvolvido para mitigar os impactos ambientais decorrentes de uma ruptura hipotética de barragem, com a finalidade de reduzir o aporte de sedimentos ao curso d'água e acelerar o estabelecimento dos padrões. Serão apresentadas alternativas de intervenções e as condições de aplicação de cada uma delas.

Para a Barragem Paracatu, conforme mencionado anteriormente, observou-se que o critério de parada da envoltória de inundação se restringe ao reservatório da barragem Mosquito, de propriedade da Vale, localizada à jusante. Neste contexto, para estabilizar e reduzir o aporte de sedimentos para curso d'água a jusante, a Barragem Mosquito irá atuar na contenção dos sedimentos oriundos de uma eventual ruptura hipotética de Paracatu. Os estudos de ruptura hipotética (ERHB) ora disponíveis e supracitados, indicam a capacidade da Barragem Mosquito na promoção da retenção do movimento de massa em caso de ruptura da Barragem Paracatu.


Para as barragens Dicão Leste e Mosquito faz-se necessário a proposição de soluções para mitigação de carreamento de sedimentos. Considerando a hipótese de um cenário pós-impacto, as medidas de resposta propostas devem ter condições de serem implantadas com rapidez a fim de reparar e diminuir os possíveis prejuízos oriundos da hipotética ruptura. Assim, deve-se priorizar a implementação de estruturas de rápida e fácil instalação, considerando a utilização de materiais com maior facilidade de serem adquiridos e agilidade no transporte.

As seguintes intervenções foram avaliadas e planejadas para detalhamento e implantação no caso de eventual rompimento das barragens Dicão Leste e Mosquito:

- Estabilização dos Volumes Remanescentes;
- Implantação de Estruturas de Contenção de Sedimentos (Diques e Barreiras Hidráulicas);
- Manejo e disposição do rejeito /sedimentos;
- Estabilização das margens e da calha fluvial;
- Ações para minimizar a dispersão da pluma de sedimentos.

3.1 ESTABILIZAÇÃO DE VOLUMES REMANESCENTES

Na ocorrência da hipótese de ruptura de barragem, uma parte do volume sólido armazenado poderá ficar armazenada no interior dos destroços remanescentes da estrutura ou reacomodada por causa da topografia local, possivelmente de forma instável e precária, a depender do modo que a ruptura ocorre. Ao longo do tempo, o volume remanescente pode propagar-se para jusante, notadamente caso a ruptura ocorra em período de chuvas, o que potencializa a ocorrência de enchentes e provoca o carreamento de material sólido. Poderá ocorrer também danos estruturais em barragens adjacentes.

| | | | |
|---|--|---|--------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 8/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

Diante do exposto, é necessário planejamento integrado de ações direcionadas para garantir a segurança geotécnica das estruturas remanescentes e execução de medidas necessárias para a estabilização do material restante. Para tal, faz-se necessário, no cenário pós-ruptura, investigação geotécnica do material que permaneceu na barragem, além de eventuais sondagens. Deverá ser avaliado também a execução de desvio das contribuições pluviais e a drenagem dos talvegues naturais (caminhos por onde a água de chuvas passam), visando a redução do carreamento dos sedimentos pelas águas das chuvas.

A médio e longo prazo, é necessária a descaracterização da barragem para reintegração do espaço que ela ocupava ao ambiente ou caso a estrutura seja necessária como barreira de controle de sedimentos oriundos da Mina a implantação de um novo barramento.

Considerando os riscos inerentes de atuação nesta área próxima ao maciço original da barragem, as ações propostas pela VALE e as empresas contratadas deverão adotar como prioridade a segurança dos trabalhadores e a proteção ao meio ambiente, respeitando um rigoroso protocolo de segurança. Deverá ser contemplado também monitoramento 24 horas por dia.


3.2 ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

Para estabilizar os depósitos de rejeitos e reduzir o aporte de sedimentos para os cursos d'água impactados, deverão ser previstas a construção de estruturas de contenção de sedimentos. Tais estruturas visam a promoção da retenção de sedimentos, da retenção máxima possível de material carreado pelo entalhe fluvial ou por erosão hídrica da precipitação direta sobre os rejeitos depositados no vale. Tais ações irão permitir o tratamento emergencial das águas para os cursos d'água potencialmente impactados.

Deverão ser priorizadas soluções técnicas que minimizem o impacto em comunidades e Meio Ambiente.

Todas as estruturas de contenção deverão ser descomissionáveis e de rápida execução e o planejamento para a execução das obras e intervenções propostas deverão ser realizadas em conjunto com os organismos de proteção civil atuantes na emergência (ações pós ruptura).

Com intuito de garantir a estabilização da região a montante, em termos de carreamento de rejeitos, visando possibilitar a retirada dos rejeitos / sedimentos, e atuar no processo de entrega de água limpa para o córrego potencialmente impactado, nesta etapa de diagnóstico foi definida a implantação de estruturas de contenção, podendo as barreiras hidráulicas filtrantes aqui mencionadas, serem avaliadas na etapa subsequente dos estudos.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | <p>PÁGINA 9/18</p> |
| | | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | <p>REV. 0</p> |

3.2.1 DIQUES DE CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

Estruturas temporárias e de pequeno porte, a serem implantadas a jusante da barragem, em caso hipotético de colapso da barragem, para deter o aporte de sedimentos remanescentes.

Essas estruturas devem ser dimensionadas com volume suficiente para assegurar tempos de residência compatíveis com a sedimentação do material transportado pelo fluxo dos cursos de água da área analisada, no horizonte de tempo pré-definido para o projeto (estudo hidrológico e hidrossedimentológico).

Dentre outras configurações, a serem previstas em etapa de projeto conceitual, o maciço a ser construído poderá ser de enrocamento, sendo recomendado estrutura filtrante com um vertedouro de soleira livre no vão central. Deverá ser avaliada e garantida as condições de estabilidade da estrutura, para tal é esperada a remoção parcial ou total dos sedimentos da fundação.




Figura 3.1 – Estrutura de Contenção de Sedimentos, arranjo locacional (Fonte: Arquivo Vale, 2019)

A Locação das estruturas deve optar preferencialmente por ponto mais a jusante sem interferência com comunidades, sem necessidade de supressão vegetal, trechos de menor largura do vale, disponibilidade e/ou facilidade de construção de acessos, entre outros.

Para a região em estudo, foram identificados dois (2) eixos onde, mediante avaliação do cenário pós-ruptura, poderiam ser estudados e instalados diques de contenção (Ver Mapa Anexo). A seguir a descrição dos eixos:

- Eixo 1: Localizado a cerca de 1,0 km da barragem Dicão Leste, nas proximidades da G 129.

| | | | |
|---|--|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 10/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

Uma estrutura neste local atenderia ao cenário pós-ruptura de Dicão leste apenas. É uma região de vale encaixado, densamente vegetado, trecho montante de elevada declividade, contudo, aparenta possibilitar a construção e um dique neste local.

- Eixo 2: Localizado a cerca de 1,5 km da barragem Mosquito, no ribeirão Coqueiros.

Uma estrutura neste local atenderia ao cenário pós-ruptura de Mosquito e seria uma barreira complementar para a Barragem Dicão Leste. O Eixo 2 está localizado em uma área onde não há dificuldade de acesso, devido à infraestrutura de estradas vicinais não impactadas próximas ao local e também a MG-129 que deverá ser restabelecida.

3.2.2 Barreira Hidráulica Filtrante


Estruturas temporárias e de pequeno porte, cujo método construtivo consiste no lançamento e agulhamento de blocos rochosos. Essa estrutura apresenta rapidez na construção e pode ser realizada sobre os rejeitos remanescentes no curso de água.

As alternativas locais devem avaliar a posição do eixo em trechos mais estreitos e com menor espessura de lama para garantir a exequibilidade. Estas estruturas devem possuir altura limitada de forma a facilitar o licenciamento e manter a área alagada nos limites da área impactada. Deve ser desenvolvido dimensionamento hidráulico (vazão de projeto a ser definida), em geral estrutura galgável com soleira livre no vão central e bacia de dissipação para não erodir a área a jusante, e dimensionamento geotécnico.

Essas estruturas podem auxiliar na redução do aporte de sedimentos e redução da velocidade do fluxo, minimizando o carreamento a jusante, além de atuar no controle do nível do material depositado no vale permitindo a remoção do material.

Embora esta metodologia apresente agilidade construtiva, nesta etapa de diagnóstico não foi considerado locais para construção. Contudo, é uma alternativa a ser mais bem avaliada nas fases subsequentes dos estudos.

A Figura 3.2 apresenta um exemplo de uma barreira Hidráulica filtrante.

| | | | |
|---|--|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 11/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

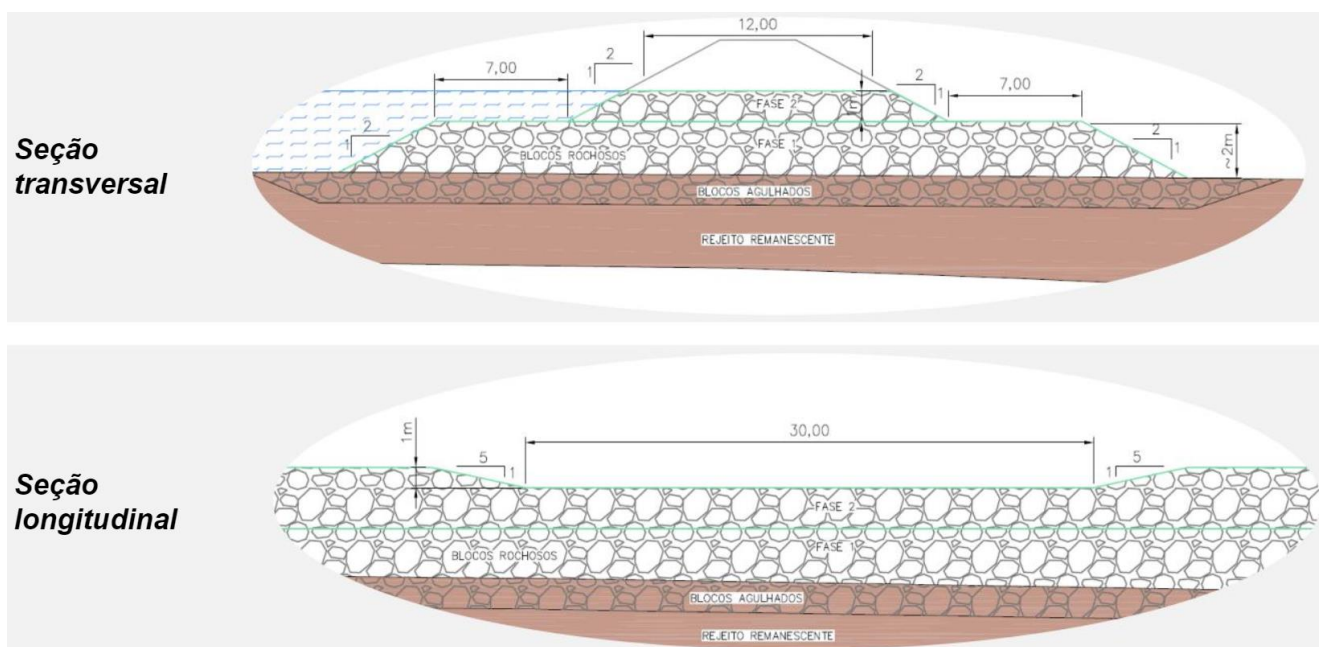


Figura 3.2 – Barreira Hidráulica Filtrante (Fonte: Arquivo Vale, 2019)

3.2.3 Considerações Gerais


Os Eixos identificados são exemplos para serem avaliados para a construção de diques de contenção de sedimentos, podendo ser identificados outros pontos a depender da situação pós-ruptura. A observação das condições do vale após uma eventual ruptura é também determinante para a avaliação da necessidade de ser construído um dique isolado, ou mais diques em cascatas, de modo que os detalhes construtivos deverão ser previstos quando da elaboração do projeto, caso necessário. Pode-se também chegar à conclusão que não é viável a construção de diques, optando-se por outras soluções mitigatórias.

3.3 MANEJO E DISPOSIÇÃO DO REJEITO /SEDIMENTOS;

Além da área do reservatório das estruturas de contenção e estruturas remanescentes, espera-se que parte do sedimento escoado somada a restos de vegetação e estruturas arrancadas pela corrida de lama serão depositados no vale e jusante, principalmente nos quilômetros iniciais, nos quais devem ser acumulados os materiais mais pesados, como troncos de árvores e restos de construções afetadas pela onda de ruptura. Para os locais onde ocorra a deposição de sólidos, propõe-se a remoção do material remanescente, de forma segura, evitando assim que ocorra o carregamento desses sólidos ao longo do vale de jusante.

O plano de manejo dos rejeitos deverá ser elaborado considerando a situação efetivamente observada no cenário pós-ruptura, buscando alternativas seguras de acesso para iniciar os trabalhos. Devem ser considerados no dimensionamento:

- Interferências entre acessos de serviço e acessos utilizados pelas comunidades;

| | | | |
|---|--|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 12/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

- Utilização ramal ferroviário sempre que possível;
- Aproveitamento de acessos existentes;
- Necessidade de supressão para construção de novos acessos de serviço e/ou ampliação de acessos existentes;
- Caracterização da área e do material a ser dragado (levantamento topobatimétrico completo; levantamento magnetométrico aquático nas áreas mais profundas para identificar alvos metálicos enterrados, caracterização geológica e hidrológica do curso d'água, etc);
- Validação do plano de manejo do rejeito com os organismos de proteção e defesa civil atuantes na emergência;
- Limpeza preliminar do material vegetal (troncos de árvores, galhadas);
- Remoção mecânica dos rejeitos/sedimentos e Dragagem com bombeamento;
- Definição de locais para disposição dos rejeitos/sedimentos, preferencialmente em áreas licenciadas Vale.

A remoção do material vegetal (troncos de árvores, galhadas) e outros objetos, poderá ser realizado mecanicamente com o uso de escavadeiras anfíbias, ou escavadeiras de braço longo, embarcadas ou não, em balsa com sistema de ancoragem, movimentando o material até a margem do rio onde serão encaminhadas ao bota fora a ser definido (Vale,2019), conforme ilustrado na Figura 3.3.



Figura 3.3 – (a) Escavadeira de braço longo em balsa com sistema de ancoragem; (b) movimentação do material para bota fora (Fonte: Arquivo Vale, 2019).

Para a remoção do material menos consistente depositado nas margens e no leito do rio, quando identificada a necessidade, deverá ser planejada a dragagem com sistema de bombeamento. Para confinamento e desidratação dos rejeitos bombeados uma alternativa é a disposição dos rejeitos/sedimentos em tubos geotêxteis (geobags). Deverá ser avaliado ainda a necessidade de tratamento do percolato proveniente dos tubos para redução do nível de turbidez.

A figura 3.4 ilustra o confinamento do material da limpeza em tubos geotêxteis e tratamento do efluente


| | | | |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | <p>PÁGINA 13/18</p> |
| | | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | <p>REV. 0</p> |



Figura 3.4 – Esquema confinamento dos rejeitos/sedimentos em tubos Geotêxteis (fonte: Arquivo Vale, 2019 - modificado)

3.4 ESTABILIZAÇÃO DAS MARGENS E DA CALHA FLUVIAL

Para restabelecer condições mais naturais dos corpos hídricos potencialmente atingidos pela hipotética onda de ruptura é recomendado o emprego de técnicas de bioengenharia, nas quais são utilizadas plantas vivas, associadas a materiais inertes, como elemento construtivo e estrutural na estabilização de processos fluviais, erosivos e geotécnicos.

As soluções de bioengenharia para estabilização das margens e da calha fluvial são as mais variadas, podendo ser aplicadas em conjunto ou isoladamente, e até mesmo como medidas preventivas em planos de manejo e fortalecimento dos ecossistemas, tornando as margens dos rios mais resistentes a eventuais impactos causados por cheias naturais.

Schmeier (2012), apresentou em seu estudo alguns exemplos de soluções de bioengenharia para a recuperação de canais fluviais, descrevendo suas aplicações e as funções por elas desempenhadas. A Figura 3.5 ilustra algumas técnicas de bioengenharia aplicadas na recuperação da calha fluvial.



| | | | |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | <p>PÁGINA 14/18</p> |
| | | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | <p>REV. 0</p> |



Figura 3.5 – Soluções de bioengenharia para recuperação de canais fluviais (1) Estacas; (2) Feixes / caniçadas / banquetas vivas; (3) enrocamento vivo; (4) esteira viva; (5) Geogrelha vegetada, adaptado de Schmeier (2012).

| | | | |
|---|--|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 15/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

A caracterização da bacia hidrográfica, após evento hipotético de ruptura e ações de remoção dos sedimentos, faz-se necessária, para conhecimento da qualidade ambiental do espaço, devendo ser caracterizada por trechos. Uma das tecnologias que possibilitam avaliar o nível de qualidade é denominada de geotecnologia, uma tecnologia que permite o emprego de diversas ferramentas para caracterizar, avaliar e propor soluções de problemas decorrentes da intensificação das relações humanas e meio físico geológico (Schmeier 2012). Com base nisso, deverá ser elaborado um projeto conceitual de recuperação dos cursos hídricos, que consistirá em um novo traçado para o rio, visando suas condições naturais, e da definição das técnicas de Engenharia Natural adequadas para a estabilização de cada trecho da calha fluvial.


3.5 AÇÕES PARA MINIMIZAR A DISPERSÃO DA PLUMA DE SEDIMENTOS

Para minimizar a dispersão de manchas de sedimentos formadas pelos materiais finos suspensos na coluna d'água, deverá ser realizado estudo específico.

De forma preliminar é proposta a utilização de Barreiras Antiturbidez, técnica usada e consagrada em obras de dragagem de portos e canais de navegação em ambiente marinho e estuarino.

A aplicação deste tipo de tecnologia para cenários acidentais em ambientes fluviais é pouco conhecida, sendo seu principal uso como ferramenta preventiva de retenção de manchas de sedimentos formadas pelo material fino suspenso na coluna d'água (Vale, 2019). Ainda de acordo com o documento elaborado pela Vale (abril, 2019), de modo geral:

- As cortinas são utilizadas em obras em ambientes aquáticos para controlar o espalhamento dos sedimentos em suspensão na água;
- Atuam como um filtro, evitando a dispersão das partículas sólidas existentes em suspensão na água (argila, silte, matéria orgânica)
- Contém um elemento flutuante (boias cilíndricas), que também atuam como barreira de contenção e age na contenção de elementos sobrenadantes na água;
- Contém também cortina, ou elemento filtrante. O tecido filtrante conta com pesos e/ou poitas na sua borda inferior, a fim de manter a verticalidade;
- Aplicabilidade, na época, era inédita em ambientes fluviais.

| | | | |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | <p>PÁGINA 16/18</p> |
| | | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | <p>REV. 0</p> |

A Figura 3.6 ilustra a barreira de turbidez descrita.

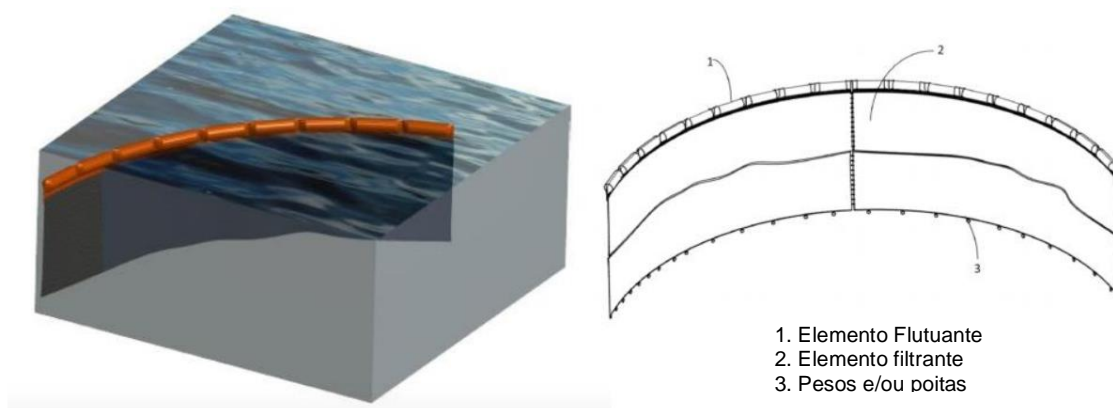
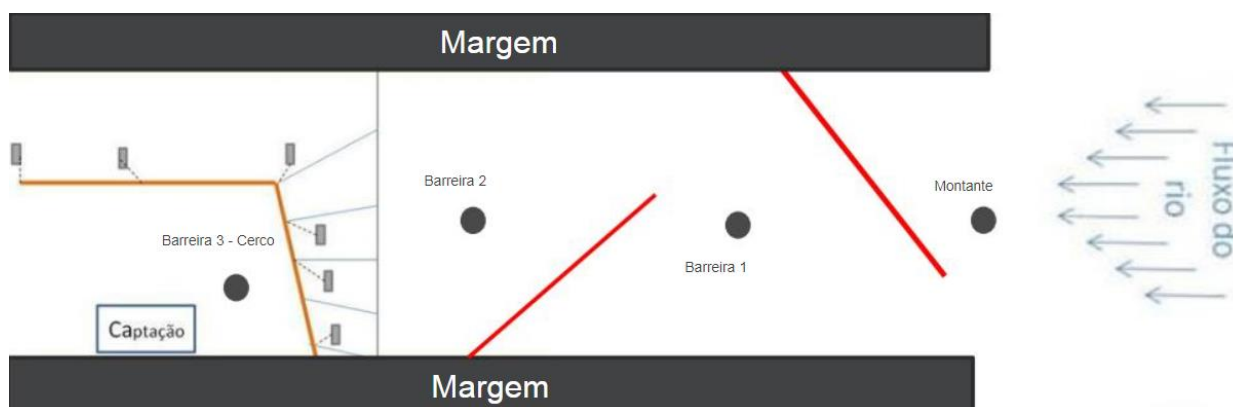


Figura 3.6 - Barreiras Antiturbidez aplicada em áreas portuárias e ambiente marinho (Adaptado de Vale 2019).

Para a instalação das barreiras devem ser selecionados trechos do rio com as seguintes características:


- Existência de área adequada para montagem e movimentação das barreiras;
- Possibilidade de instalação de estruturas adequadas para fixação dos cabos;
- Trecho de rio com calado suficiente para movimentação de barcos com motes de potência adequada;
- Acesso para instalação de base de apoio;
- Existência de acesso para embarcações;
- Correnteza e velocidade do rio que permitam a instalação das barreiras e cortinas.

Deve-se ainda, procurar minimizar os impactos na navegabilidade de embarcações pequenas, além de minimizar impactos na movimentação da fauna, sendo que a disposição das barreiras na forma de “espinha de peixe” deve ser analisada. A proteção no entorno das áreas de captação também deve ser avaliada (Vale, 2019). A Figura 3.7 ilustra as sugestões de análise



proposta.

Figura 3.7 – Croqui de disposição para as Barreiras Antiturbidez, cerco (3) e espinha de Peixe (1 e 2) (fonte: Vale, 2019).

| | | | |
|---|--|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 17/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

Destaca-se que as soluções apresentadas ao longo deste capítulo, embora separadas para melhor organização das funções que desempenham, podem ser aplicadas não apenas isoladamente como em conjunto, o que potencializa os efeitos de recuperação e a mitigação do carreamento de sólidos num cenário pós-ruptura de barragens. A escolha das soluções mais adequadas depende, além do trecho de aplicação, das condições em que uma ruptura eventualmente ocorra e das consequências observadas no cenário pós-falha, que podem variar em função do período (seco ou chuvoso), das condições da barragem e da bacia como um todo.

4.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES


Esse plano contempla o diagnóstico e proposição de soluções planejadas mitigação de carreamento de rejeitos. Muitos dos critérios são genéricos e precisaram ser adaptados para a condição morfológica específica encontrada no momento posterior ao evento de rompimento, buscando uma flexibilidade que permita a restauração do equilíbrio morfodinâmico original e/ou a retirada do material depositado.

Essa condição morfológica dependerá, dentro outros fatores, do volume de rejeitos efetivamente mobilizado no eventual rompimento, do período do ano na ocasião do eventual rompimento (período chuvoso ou não) e da configuração final da deposição de rejeitos ao longo do curso d'água.

As ações de mitigação de carreamento de rejeitos / sedimentos é um passo importante para garantir segurança hídrica para as comunidades e municípios potencialmente atingidos. Para a barragem Paracatu, a Barragem Mosquito a jusante cumprirá o papel de contenção dos sólidos mobilizados em uma eventual ruptura. Para as Barragens Mosquito e Dicao Leste fez-se necessário a proposição de estruturas de contenção de sedimentos, estas deverão permitir o descomissionamento após o término da utilidade e poderão ser projetas estruturas em cascata para aumento da eficiência, caso seja necessário.

Cabe ressaltar que os diques de contenção, somente seriam implantadas após hipotética ruptura, pois a construção preventiva caracterizaria intervenção desnecessária no curso de água. Outro ponto a ser destacado é que as estruturas também poderiam ser comprometidas no trânsito da hipotética onda de ruptura, não tendo, portanto, eficácia a implantação preventiva.

A eficiência das soluções propostas deverá ser acompanhada e medida e caso seja necessário deverá ser avaliada a construção de uma estação de tratamento de água fluvial (ETAF) complementar para enquadrar a água em condições que possam ser novamente lançadas no rio (atendimento a resolução Conama 367 no índice de turbidez menor 100 NTU e Conama 430/11, art.16). Neste sentido deve-se dar preferência para estruturas de tanques pré-montados (para dar agilidade), planta de químicos modulares, bacias escavadas e impermeabilizadas com PEAD, filtros de zeólita e barriletes compostos por bombas, tubos e conexões (Vale, 2019).

| | | | |
|---|--|---|---------------------------------|
|  | <p>CLASSIFICAÇÃO</p> <p>RESTRITA</p> | <p>PAEBM – PLANO DE AÇÃO DE EMERGÊNCIA PARA BARRAGENS DE MINERAÇÃO</p> | |
| <p>DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES PLANO DE MITIGAÇÃO DE CARREAMENTO DE SEDIMENTOS BARRAGENS DICÃO LESTE, MOSQUITO E PARACATU MINA FAZENDÃO</p> | <p>Nº VALE C04-BMQ0137-SIII-PL7-V3</p> | | <p>PÁGINA 18/18</p> |
| | <p>Nº (CONTRATADA) -</p> | | <p>REV. 0</p> |

ANEXO – MAPAS

- MAPA 01 – Mapa de localização das estruturas
- MAPA 02 – Sobreposição das Envoltórias de Inundação
- MAPA 03 – Localização dos eixos apresentados neste estudo de diagnóstico.