

ANEXO I - DEFINIÇÃO DE METODOLOGIAS DE REMOÇÃO, TRANSPORTE E DISPOSIÇÃO DO REJEITO DE ÁREAS DEGRADADAS

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	MÉTODOS DE REMOÇÃO DO REJEITO	3
2.1	Dragagem	4
2.2	Escavação Hidráulica	6
2.3	Remoção Mecânica	8
	2.3.1 Remoção Mecânica em Planícies de Inundação (Extra Calha) ..	8
	2.3.2 Remoção Mecânica de Sedimentos (Intra Calha).....	8
2.4	Retirada Manual.....	10
2.5	Avaliação dos Métodos de Remoção Baseado nos Tipos de Deposição de Rejeito.....	11
3	MÉTODOS DE TRANSPORTE DE REJEITO.....	12
3.1	Transporte por Bombeamento em Tubulação	13
3.2	Transporte Mecânico	14
3.3	Transporte por Esteira Transportadora.....	14
4	MÉTODOS DE DISPOSIÇÃO DO REJEITO	15
4.1	Reuso	16
4.2	Tratamento para Disposição Final	17
	4.2.1 Disposição.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1. Áreas para Barramento/Reservatório de Retenção de Carga em Suspensão e Carga de Leito no Rio Gualaxo do Norte.....	25
--	----

LISTA DE FOTOS

Foto 2-1. Equipamento de Dragagem de Grande Porte Utilizada para a Remoção de Sedimentos na Usina de Candonga	5
Foto 2-2. Equipamento de Dragagem de Pequeno Porte	5
Foto 2-3. Exemplo de desmonte hidráulico	7

Foto 2-4 Escavadeira Hidráulica Removendo Sedimentos em Rios	9
Foto 2-5. Utilização de Draglines na remoção de sedimentos em rios e canais	9
Lista de Tabelas	
Tabela 2-1. Vantagens e Desvantagens dos diferentes Métodos de Remoção de Rejeito ..	10
Tabela 2-2. Possíveis Métodos de Remoção Baseados no Tipo de Depósitos de Rejeito ...	12
Tabela 4-1. Áreas de Disposição Estudadas Inicialmente	20
Tabela 4-2. Sintetiza os principais impactos ambientais potenciais associados à remoção, transporte e disposição dos rejeitos.	21

1 INTRODUÇÃO

Previamente ao desenvolvimento deste capítulo, deve-se destacar que o que se denomina genericamente como os rejeitos a serem manejados são materiais de características distintas daqueles dispostos originalmente nas barragens de rejeito de mineração, especificamente, na barragem de Fundão.

Efetivamente, os materiais a serem removidos, transportados e dispostos constituem uma composição de rejeitos, solos, sedimentos aluvionares e material vegetal incorporados à massa mobilizada pelo evento em seu movimento rio abaixo.

Na definição da metodologia a ser aplicada para a remoção, transporte e disposição do rejeito de áreas degradadas, os seguintes fatores devem ser considerados:

- Atendimento aos objetivos estabelecidos;
- Atendimento à legislação vigente;
- Verificar se há impeditivos legais, inclusive municipais, para disposição do material (ex. município de Rio Doce não permite a disposição de resíduos provenientes de outras localidades, salvo mediante aprovação do CODEMA);
- Quantidade de rejeito disposto na região;
- Espessura da camada de rejeito;
- Características físico-químicas do rejeito (físico-hídricas, densidade, umidade, permeabilidade, granulometria, resistência, solubilidade, odor, entre outros);
- Análise da coluna estratigráfica (espessura, material remanescente e material sobreposto, entre outros);
- Acessibilidade (relevo regional e local, abertura de acessos, distância média de transporte do rejeito, impacto ambiental);
- Áreas especiais (lagoas marginais, ambientes úmidos);
- Concentração de bens arqueológicos e propriedades de terceiros;
- Definição do uso final da área e do rejeito, incluindo a infraestrutura existente;

- Impactos socioambientais na área relacionados às atividades a serem implementadas;
- Prazos dos processos envolvidos;
- Condições climáticas que possam impossibilitar a operação contínua;
- Imprevisibilidade da condição real x plano de contingenciamento;
- Integração com a comunidade local.

Na definição das metodologias, as três etapas do processo - remoção, transporte e disposição - são intimamente interligadas, portanto, a definição de metodologia para uma parte do processo impacta diretamente em todas as demais.

A definição das metodologias para cada etapa do processo deve levar em consideração as interferências e impactos decorrentes de cada atividade. Desta forma, para cada uma das configurações a serem implantadas, os seguintes impactos e interferências devem ser analisados:

- Impacto real na qualidade da água (turbidez, cor, sólidos em suspensão, oxigênio dissolvido, teor de metais, entre outros);
- Impacto na qualidade do ar (geração de poeira, emissão de gases, entre outros);
- Impacto por geração de ruído / vibração;
- Impacto da supressão de vegetação, incorrendo em alterações no habitat (fauna e flora) que possam ocasionar modificações permanentes;
- Interferência no bem-estar da comunidade circunvizinha, incluindo interferência na saúde e segurança da comunidade e impacto no trânsito e vias;
- Impactos socioeconômicos regionais e locais;
- Interferência na morfologia das planícies de inundação e da dinâmica fluvial;
- Impacto na qualidade do solo (desestabilização, erosão, entre outros);
- Impactos gerados na área de disposição dos rejeitos retirados;
- Impacto no volume de água consumido e produzido no processo.

No momento da tomada de decisões, a avaliação e classificação destes impactos para cada um dos métodos propostos deve considerar também as peculiaridades da unidade de análise em questão, com base na caracterização prévia realizada e na integração e incorporação dos resultados dos monitoramentos realizados.

Embora a remoção de rejeitos seja o foco deste Capítulo, há outras abordagens para mitigação de riscos de sedimentos, a saber:

- Capeamento;
- Tratamento *in situ*;
- Recuperação natural monitorada.

2 MÉTODOS DE REMOÇÃO DO REJEITO

Conforme descrito no relatório “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão” (GOLDER ASSOCIATES, 2016):

“Os rejeitos a jusante da barragem de Fundão de maneira geral encontram-se depositados nas planícies e calhas dos sistemas fluviais, reservatórios existentes e na zona estuarina e marinha de encontro entre o rio Doce e o Oceano Atlântico. Para os rejeitos depositados nas planícies a existência de uma zona não saturada aumenta a densidade do meio, aumentando também as características de resistência, já os rejeitos depositados nas calhas dos rios, reservatórios e no mar se apresentam menos consolidados.”

Considerando as características do rejeito a condição onde ele se encontra (submerso ou emerso), assim como os impactos potencialmente gerados, as quatro técnicas abaixo podem ser utilizadas:

1. Dragagem
2. Escavação hidráulica
3. Escavação mecânica
4. Remoção manual

A tomada de decisão na definição de cada um dos métodos de remoção de rejeitos para as diferentes áreas deve considerar os fatores listados a seguir:

- Características físicas e químicas do rejeito;
- Características geomorfológicas do local;
- Volume e sua distribuição (espessura das camadas);
- Acessibilidade do equipamento ao local de deposição do rejeito, infraestrutura existente, necessidade de construção de vias de acesso temporárias, remoção de vegetação;
- Distância da área de remoção até a área de disposição;
- Impactos gerados pelas atividades de remoção (elevação da turbidez, supressão da vegetação, emissões atmosféricas, etc.);
- Metodologia de transporte e disposição.

As seções abaixo fazem uma breve descrição das diferentes técnicas de remoção do resíduo que podem ser utilizadas.

2.1 DRAGAGEM

A dragagem é uma técnica de engenharia utilizada na remoção de material sólidos (solo, sedimento, rochas, rejeito) no fundo de corpos hídricos por meio de dragas, que podem ser mecânicas ou hidráulicas.

A **Foto 2-1** apresenta a draga utilizada pela Samarco, draga de grande porte, para remoção do rejeito no reservatório da UHE Candonga. A **Foto 2-2**, apresenta uma draga de pequeno porte que pode ser utilizada em segmentos de rio mais estreitos e rasos.



Foto 2-1. Equipamento de Dragagem de Grande Porte Utilizada para a Remoção de Sedimentos na Usina de Candonga



Foto 2-2. Equipamento de Dragagem de Pequeno Porte

A atividade de dragagem pode implicar nos seguintes impactos:

- Elevação da turbidez pela mobilização do rejeito na calha do rio;
- A produção de importantes volumes de água proveniente do rejeito que deverá ser gerenciada/tratada antes de retornar ao rio.

A dragagem de grande porte é mais eficiente em locais onde ocorrem volumes significativos de rejeitos depositados em forma submersa e com lâmina de água de pelo menos 1,5 m. Desta forma, em linhas gerais, a dragagem será mais eficiente nas áreas de Candonga, Baguari, Mascarenhas, Aimorés, Dique S3 e Dique S4.

A dragagem de pequeno porte, no entanto, pode ser viável em rios menores, como os rios Gualaxo do Norte, do Carmo e o próprio rio Doce, caso seja necessário.

Conforme firmado no Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) de 2016, existe o compromisso legal de realizar a dragagem dos primeiros 400 metros do reservatório da Hidroelétrica Risoleta Neves – ou Candonga - até a data de 31 de dezembro de 2016 (cláusula 150, parágrafo terceiro). Atividades de dragagem vem sendo realizadas nesta área, assim como dique do reservatório S3 com o intuito de aproveitar o volume útil do reservatório. Na área do S3, o objetivo é remover aproximadamente 600.000 m³ de rejeitos depositados por gravidade no vale de Santarém. A dragagem vem sendo realizada com equipamentos que operam por bombeamentos com teores elevados de sólidos e sistemas de coleta que tendem a minimizar a geração de turbidez na sucção e no descarte (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017).

A **Ilustração 2-1** abaixo, mostra o local da dragagem na área do dique de S3, assim como os locais onde foram instaladas as cortinas de turbidez.

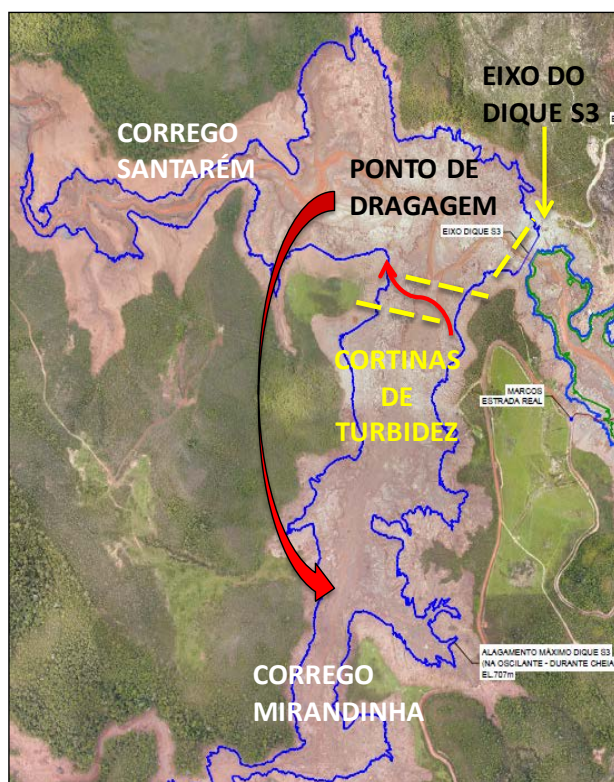


Ilustração 2-1. Ponto de dragagem e a localização das cortinas de turbidez do Dique de Sedimentos S3.

2.2 ESCAVAÇÃO HIDRÁULICA

O método de escavação hidráulica é uma técnica para remoção de sedimentos não consolidados que consiste na extração realizada por meio de jato de água em alta

pressão. O jato de água de alta pressão é formado pelo canhão hidráulico, que podem ser operados manualmente ou mecanicamente. O jato de água do canhão provoca o desprendimento do material de forma controlada, que após o desmonte é conduzido até um ponto, onde o material já em forma de polpa é bombeado (ALVES, 2015).

- A **Foto 2-3** apresenta um exemplo das atividades de desmonte hidráulico.



Foto 2-3. Exemplo de desmonte hidráulico

Fonte: MVC, 2015

O uso desse método de escavação requer um suprimento de água e condições topográficas adequadas para coletar a polpa gerada pelos canhões. A produção típica de escavação por cada canhão de água é da ordem de 10.000 m³ por dia. (GOLDER ASSOCIATES, 2016)

A atividade de escavação hidráulica pode implicar nos seguintes impactos:

- Elevação da turbidez pela mobilização do rejeito;
- Carreamento de sólidos das margens;
- Utilização de grandes quantidades de água.
- A produção de importantes volumes de água de rejeito que deverá ser gerenciada antes de retornar para o rio.

2.3 REMOÇÃO MECÂNICA

2.3.1 REMOÇÃO MECÂNICA EM PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO (EXTRA CALHA)

O método de escavação mecânica é constituído basicamente das etapas de escavação e carregamento, geralmente aplicado para materiais secos.

Em locais que apresentam rejeitos depositados fora dos cursos d'água, em planícies de inundação, e se encontram em condições de consistência adequada, pode ser utilizado métodos de remoção mecânica com equipamentos convencionais de movimentação de terras, tais como escavadeiras hidráulicas, tratores e pás-carregadoras, de preferência sobre esteiras, de modo a garantir a estabilidade sobre os rejeitos.

Alternativamente, caso não for possível chegar até o local de remoção com caminhões ou com esteiras transportadoras, a escavadeira poderá ser equipada de uma bomba com tubulação e o transporte do rejeito será feito por meio hidráulico até a estrutura de contenção.

2.3.2 REMOÇÃO MECÂNICA DE SEDIMENTOS (INTRA CALHA)

O uso de escavadeiras mecânicas para a remoção de rejeitos é o método mais utilizado em áreas não alagadas devido à facilidade da operação e a disponibilidade de equipamentos. Porém, a metodologia também pode se aplicar em áreas alagadas, nas seguintes situações:

- Localizações onde o uso de dragas tradicionais não é tecnicamente ou economicamente viável;
- Quando necessário realizar remoção com um impacto reduzido na turbidez.



Foto 2-4 Escavadeira Hidráulica Removendo Sedimentos em Rios

Para a remoção mecânica do material encontrado dentro da calha dos rios, pode-se utilizar escavadeiras hidráulicas convencionais, de preferência em áreas mais estreitas do rio (largura inferior a 15 metros), onde a remoção deverá ser feita, quando necessária a limpeza da seção inteira da calha, a partir das duas margens do rio. Para seções do rio de largura superior, podem ser utilizados outros equipamentos, como draglines. Esses são equipamentos de menor porte são comumente utilizados para limpeza e desassoreamento de rios, com alcances superiores ao da escavadeira.



Foto 2-5. Utilização de Draglines na remoção de sedimentos em rios e canais

Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/limpeza-de-canais-brasil-emerson-savaris>

Há também a possibilidade de se utilizar escavadeiras híbridas, que conseguem adentrar o rio para a remoção mecanizada do rejeito.



Ilustração 2-2. Equipamentos Híbridos

Fonte: <http://www.watermaster.fi/es/galeria/fotos>

A atividade de escavação mecânica pode implicar nos seguintes impactos:

- Elevação da turbidez pela mobilização do rejeito na calha;

- Carreamento de sólidos das margens;
- Impactos sócio econômicos devido ao aumento do fluxo de pessoas nas comunidades próximas;
- Construção de vias de acesso, impactando o comportamento do rio, inclusive a remoção de vegetação;
- Impactos na mata ciliar devido a movimentação de equipamentos nas margens;
- Necessidade de recuperação da vegetação, em caso da necessidade de supressão;
- Impactos significativos diversos, em função da grande quantidade de equipamentos necessários.

2.4 RETIRADA MANUAL

Essa técnica será aplicável em casos de regiões de baixo volume de material, áreas de acesso restrito, ou com necessidade de tratativas específicas.

A atividade de retirada manual pode implicar nos seguintes impactos:

- Elevação da turbidez pela mobilização do rejeito;
- Impactos sócio econômicos devido ao aumento do fluxo de pessoas nas comunidades próximas;
- Segurança dos trabalhadores na operação, devido ao aumento do número de pessoas.
- A **Tabela 2-1** apresenta as vantagens e desvantagens para cada um dos métodos de escavação de rejeito discutidas acima.

Tabela 2-1. Vantagens e Desvantagens dos diferentes Métodos de Remoção de Rejeito

Métodos de Remoção do Rejeito	Vantagens	Desvantagens
Dragagem	<ul style="list-style-type: none"> - Maior eficiência em áreas alagadas; - Eficaz em períodos de chuva e cheia do rio; - Não é necessário eliminar o aporte de água, nem apresenta interferência na recirculação de água do reservatório. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldades operacionais em cursos d'água de pequena dimensão; - Elevado custo de mobilização e desmobilização de equipamentos; - Grande variabilidade da faixa de teor de sólidos do material removido;

Métodos de Remoção do Rejeito	Vantagens	Desvantagens
		<ul style="list-style-type: none"> - A produção de importantes volumes de água de rejeito que deverá ser gerenciada antes de retornar para o rio; - Produção de rejeito com alto teor de água; - A necessidade de definir áreas adequadas para disposição e desaguamento do material dragado, inclusive construção de diques ou outras estruturas de contenção.; - Necessita controle rigoroso da profundidade de dragagem, evitando interferências no regime hídrico e / ou maiores impactos ao meio ambiente decorrentes de eventual remoção de materiais subjacentes aos rejeitos.
Escavação Mecânica	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de equipamentos convencionais, com ampla disponibilidade no mercado; - Remoção eficaz de material em áreas emersas; - Utilização em rejeitos em calhas com largura restrita e pequena lâmina d'água - Remoção de materiais em áreas regulares e irregulares; - Produz materiais desaguados, com características mais favoráveis para o transporte e disposição. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de fundação que suporte o tráfego e a operação de equipamentos; - Necessita controle rigoroso da profundidade de escavação, evitando interferências no regime hídrico e a remoção de materiais subjacentes ao rejeito; - Necessita de construção e manutenção de vias de acesso; - Menor eficiência para rejeitos muito finos.
Escavação Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> - Menor custo operacional em relação aos demais métodos - Redução do custo com energia, pois o fluxo até a estação de bombeamento pode ser realizado por gravidade; - Sistema operacional simples, constituído por bombas, tubulações e sistema de processamento; 	<ul style="list-style-type: none"> - Não é eficiente em terrenos desnivelados; - Utilização de grandes quantidades de água; - A produção de um rejeito com alto teor de água; - A necessidade de definir áreas adequadas para disposição e desaguamento do material dragado, inclusive construção de diques ou outras estruturas de contenção.
Retirada Manual	<ul style="list-style-type: none"> - Menor impacto no meio; - Possível atuação em diferentes áreas; - Eficaz para depósitos de pequena espessura e pequenos volumes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inviável para grandes volumes de rejeitos; - Baixa eficiência; - Aumenta o risco de saúde e segurança dos trabalhadores.

2.5 AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE REMOÇÃO BASEADO NOS TIPOS DE DEPOSIÇÃO DE REJEITO

Uma avaliação dos possíveis métodos de remoção de rejeito, mencionados acima, baseado nos diferentes tipos de depósitos de rejeito, descritos na Seção 5, item 5.3, para cada trecho do rio, e o resultado é apresentado na **Tabela 2-2**, abaixo.

Tabela 2-2. Possíveis Métodos de Remoção Baseados no Tipo de Depósitos de Rejeito

Tipos de Deposição de Rejeito		Trechos do Rio	Métodos de Remoção de Rejeito				
			Manual	Escavação Mecanizada	Escavação Hidráulica	Dragagem	
						Dragas Pequenas	Dragas Grandes
Depósito Extra Calha	I - Depósitos sobre Rochas ou Solos Parcialmente Decapados, em Encostas Declivosas	T.1, T.2, T.3, T.4, T.6, T.7, T.8 e T.9	X				
	II - Depósitos sobre Planícies ou Terraços Aluvionares e Baixas Vertentes Suavizadas	T.4, T.5, T.6, T.8, T.9 e T.10	X	X			
Depósito de Calha	III - Depósitos Indiscriminados de Calha	T.4, T.6, T.8, T.9		X		X	
	IV - Depósitos em Bancos Arenosos	T.10 e T.11		X		X	X
	V - Depósitos Arenosos sobre Leitos Rochosos	T.10 e T.11	X		X		
	VI - Depósitos de Assoreamento do Reservatório de Candonga	T.12		X	X	X	X
	VII - Depósitos Finos sobre Bancos Arenosos	T.13, T.14, T.15 e T.16	X	X			
	VIII - Depósitos Finos sobre Leitos Rochosos	T.14	X		X		

3 MÉTODOS DE TRANSPORTE DE REJEITO

Dependendo da consistência do rejeito a ser transportado, existem três opções de transporte: transporte por bombeamento em tubulação, transporte mecânico por caminhão convencional ou caminhão-tanque, e transporte por esteira transportadora.

A definição do tipo de transporte de rejeito e seu dimensionamento devem considerar os seguintes fatores:

- Características físicas do rejeito;
- Acesso do equipamento que irá realizar o transporte;

- Volumes transportados para o dimensionamento das estruturas de contenção temporárias ou definitivas, ou eventualmente do equipamento de tratamento do rejeito;
- Produtividade a ser atingida;
- Distâncias até local de disposição, definitivo ou para tratamento;
- Prazo para a execução dos trabalhos;
- Condições climática do período das atividades (época de chuvas ou seca);
- Impactos socioambientais no meio.

3.1 TRANSPORTE POR BOMBEAMENTO EM TUBULAÇÃO

O transporte por bombeamento em tubulação é mais eficiente com rejeitos fluidos, em forma de polpa, porém pode funcionar para qualquer um dos métodos de remoção dos rejeitos; nos casos dos rejeitos escavados mecanicamente ou removidos manualmente, seria necessária a sua transformação em polpa para o transporte. A polpa normalmente tem alta viscosidade e a razão entre o peso de sólidos pelo correspondente peso da polpa varia de 0.15 a 0.55. (Rafael, 2012)

No caso do bombeamento dos rejeitos, são utilizadas bombas centrífugas, a serem dimensionadas de acordo com as características físicas do rejeito bombeado, a distância a ser transportada e as características topográficas locais. O sistema de tubulação, normalmente feito de polietileno de alta densidade (HDPE), é dimensionado com base na velocidade mínima de fluxo necessária para evitar que as partículas no estado sólido do rejeito se sedimentem e obstruam a tubulação.

O método de transporte hidráulico implica a necessidade de um processo de desidratação significativo do rejeito, com geração de efluente em grandes volumes antes da disposição do mesmo.

A atividade de transporte por bombeamento pode implicar nos seguintes impactos:

- Impactos na flora e fauna devido a possível supressão vegetal para abertura de vias e acessos;

- Impacto na geração de ruído / vibração.

3.2 TRANSPORTE MECÂNICO

O transporte mecânico de rejeitos pode ser realizado em caminhões de carga, do tipo basculante, para rejeitos sólidos ou em caminhões tanques para rejeitos fluidos. A utilização deste método é vantajosa pela flexibilidade do transporte e disponibilidade dos equipamentos no mercado. Em contrapartida, a utilização deste método requer a construção e manutenção das vias de acesso para a circulação dos caminhões (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

As atividades de transporte mecânico podem implicar nos seguintes impactos:

- Impactos na flora e fauna devido à possível supressão vegetal para abertura de vias e acessos;
- Impacto na geração de ruído / vibração;
- Impacto por emissões fugitivas e poluentes devido o tráfego de caminhões;
- A mobilização e uso dos equipamentos inclui a utilização de combustíveis, incorrendo em risco de potencial derrames de combustível e óleo dos equipamentos;
- Impactos socioeconômicos (fluxo de pessoas na comunidade próxima).

3.3 TRANSPORTE POR ESTEIRA TRANSPORTADORA

Outro método de transporte de resíduos é com a utilização de esteiras transportadoras, utilizado para o transporte de materiais sólidos. Este método é eficaz na movimentação de grandes quantidades de rejeito, mas requer investimentos para implementação e instalação das esteiras e tem mobilidade reduzida.

As atividades de transporte com a esteira transportadora pode implicar nos seguintes impactos:

- Impactos na flora e fauna devido a possível supressão vegetal para abertura de vias e acessos e instalação das esteiras;
- Impacto na geração de ruído / vibração.

4 MÉTODOS DE DISPOSIÇÃO DO REJEITO

Devido às características do rejeito e considerando o volume significativo gerado, assume-se que o método de disposição do rejeito será o principal fator de decisão na definição e no dimensionamento das metodologias de remoção e de transporte. Desta forma, em primeira instância, deve-se definir a destinação do rejeito removido e a metodologia a ser seguida para viabilizar a destinação.

A seleção do método de disposição deve estar em acordo com a legislação vigente, assim como garantir uma segura disposição do ponto de vista socioambiental.

Para a seleção do método de disposição do rejeito, deve-se considerar os seguintes fatores:

- Características físico-químicas e geotécnicas do rejeito antes, durante e após o tratamento/ disposição;
- Comportamento do rejeito nos diferentes métodos de tratamento, inclusive tempo de processo e resultado final;
- Local do tratamento/disposição (armazenamento temporário, construção de estruturas de contenção);
- Classificação do rejeito (Classe I, Classe II-A ou Classe II-B com base na NBR 10.004-2004);
- Acessibilidade do local para equipamento de transporte;
- Volumes para o dimensionamento das estruturas de contenção temporárias ou definitivas, ou eventualmente do equipamento de tratamento do rejeito;
- Obrigações legais para disposição do rejeito;
- Avaliação de impactos ambientais nas novas áreas de disposição;
- Realizar diagnóstico das condições anteriores nas áreas de disposição;
- Plano de fechamento da estrutura e Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e uso futuro da área.

Para a seleção do método de disposição, as características físico-químicas devem ser avaliadas, sendo o teor de sólidos um importante fator a ser considerado.

A medida que o teor de umidade é removido e o teor de sólidos aumenta, as características do rejeito se alteram conforme indicado na **Ilustração 4-1**, abaixo.

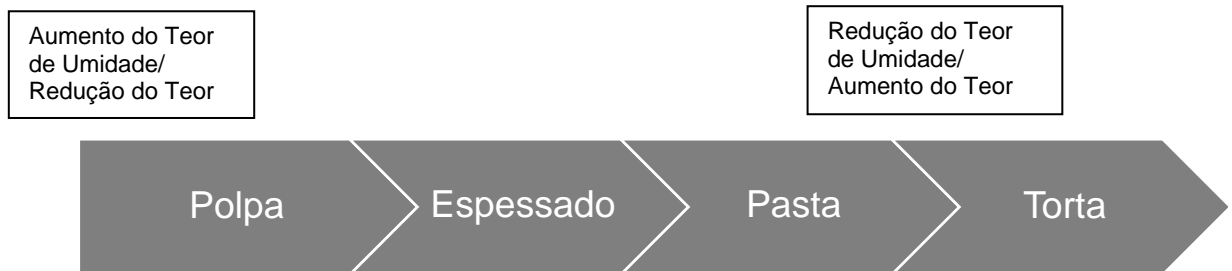


Ilustração 4-1. Diferentes consistências do rejeito com base no teor de umidade/teor de sólidos
Conforme mencionado no relatório da Golder “Avaliação dos Impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão”:

“Uma vez que os rejeitos dispostos na forma de polpa são fluidos e não autossustentáveis, torna-se necessária a construção de barramentos para sua contenção. Outra opção para a disposição dos rejeitos bombeados em consistência de polpa é o seu desaguamento em Geobags. Para os rejeitos na consistência de pasta a necessidade de estruturas de contenção é geralmente ainda necessária, podendo ser suprimida a depender das características geológicas dos rejeitos e das condições topográficas da área de disposição. Todavia, os barramentos e as áreas são normalmente menores se comparados com as estruturas de barragens para disposição de rejeitos em polpa. Já os rejeitos na consistência de torta são autossustentáveis, o que potencialmente suprime a necessidade de estruturas de contenção.”

4.1 REUSO

A depender das características físico-químicas, o rejeito removido poderá ser reutilizado como por exemplo em atividades de terraplenagem, capeamento de áreas, pavimentação e construção de estradas, agregados construtivos, entre outros usos.

Os seguintes fatores devem ser considerados na definição de um eventual reuso do rejeito:

- Características físicas e químicas do rejeito após remoção;

- Tratamento necessário para atingir as características que permitam o reuso: desidratação, separação de frações, estabilização geotécnica e/ou geoquímica;
- Volumes e produção de resíduos no tratamento (volumes, qualidade, destino);
- Viabilidade do tratamento (produção, custo, transporte);
- Local do tratamento e reuso;
- Acessibilidade do local para equipamento de transporte;
- Volumes a serem transportados, produções a ser atingidas;
- Distâncias até local de tratamento, e do local de tratamento até o local a ser reutilizado.
- O reuso do rejeito é um tema bastante relevante, mas que deverá ser melhor desenvolvido pois envolve muitos fatores e atores. Nenhuma solução é simples quando tratamos de grandes volumes e sem uma cadeia produtiva estabelecida. Esse tema seja tratado juntamente com os programas socioeconômicos previsto no TTAC para que tenha um alinhamento e oportunidades do ponto de vista ambiental, econômico e social.

4.2 TRATAMENTO PARA DISPOSIÇÃO FINAL

Em caso de tratamento prévio para disposição final, o rejeito deve ser depositado em estruturas de contenção temporárias e ser tratado em seguida. Os principais objetivos desta metodologia seriam de reduzir o volume do rejeito para aumentar a capacidade de armazenamento da área, para posterior transporte e disposição final

As seguintes técnicas de tratamento devem ser consideradas:

- Drenagem ativa (geotubos, drenagem induzida, uso de polímeros);
- Uso de aditivos para melhorar as características geotécnicas e químicas do rejeito;
- Planta de tratamento, possibilitando a separação de frações.

No caso da utilização de polímeros, deverão ser avaliados os riscos ecotoxicológicos associados a estes materiais.

Destaca-se que para a remoção e o tratamento de volumes menores ao longo do rio, podem se desenvolver unidades móveis de tratamento para acelerar a desidratação do rejeito.

4.2.1 DISPOSIÇÃO

Para a seleção dos métodos de disposição de rejeitos deve ser considerado (IBRAM, 2016):

- Condições geológicas e topográficas da região;
- Propriedade mecânicas dos minerais;
- Impacto ambiental dos contaminantes dos rejeitos;
- Condições climáticas da região.

Para a disposição dos rejeitos foram levantados previamente os seguintes métodos (GOLDER ASSOCIATES, 2016):

- Disposição de rejeitos em polpa em reservatórios (barragens de terra/enrocamento) ou em geobags;
- Disposição de rejeitos em pasta por meio de empilhamento;
- Disposição de rejeitos em torta por meio de empilhamento.

Conforme a Portaria DNPM nº 237/2001 NRM-19, para os depósitos de substâncias sólidas, deve constar no projeto técnico estudo que caracterize aspectos sobre:

- a) Alternativas para o local de disposição as quais contemplem a geologia, condições meteorológicas, topografia, pedologia, lençol freático, implicações sociais e análise econômica;
- b) Geotecnia e hidrogeologia;
- c) Caracterização do material a ser disposto nas pilhas;
- d) Parâmetros geométricos da pilha e metodologia de construção;
- e) Dimensionamentos das obras civis;
- f) Avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras;

- g) Monitoramento da pilha e dos efluentes percolados;
- h) Medidas para abandono da pilha e seu uso futuro;
- i) Reabilitação superficial da pilha e;
- j) Cronograma físico e financeiro.

Para os depósitos de substâncias líquidas, deve constar no projeto técnico estudo que caracterize aspectos sobre:

- a) Alternativas para o local da disposição do barramento as quais contemplem a bacia hidrográfica, a geologia, topografia, pedologia, estudos hidrológicos, hidrogeológicos e sedimentológicos, suas implicações sociais e análise econômica;
- b) Geotecnia, hidrologia e hidrogeologia;
- c) Impermeabilização da base, quando couber;
- d) Caracterização do material a ser retido no barramento e da sua construção;
- e) Descrição do barramento e dimensionamento das obras componentes do mesmo;
- f) Avaliação dos impactos ambientais e medidas mitigadoras;
- g) Monitoramento do barramento e efluentes;
- h) Medidas de abandono do barramento e uso futuro e;
- i) Cronograma físico e financeiro.

Uma análise para a seleção de potenciais área de disposição de rejeitos foi realizada pela empresa Golder, levando em consideração os aspectos técnicos, como uso do solo, cobertura vegetal, declividade, área de preservação permanentes, distância dos acessos, distância das áreas urbanas e áreas de inundação. O geoprocessamento com a utilização do software SIG foi executado com base nestes dados, para a obtenção de mapas com a identificação das áreas para potenciais disposição de rejeito ao longo da área. O resultado deste estudo é apresentado no relatório “ Avaliação dos impactos no Meio Físico Resultantes do Rompimento da Barragem de Fundão”.

Em relação à UHE Risoleta Neves, em dezembro de 2015, foram mapeadas áreas de disposição emergenciais que potencialmente comportariam o volume total previsto para ser dragado do reservatório de Candonga, na área dos 400 metros mais próxima da barragem, conforme consta no TTAC, volume estimado de aproximadamente 1.300.000 m³ (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017). A **Tabela 4-1** abaixo apresenta as áreas de disposição estudadas.

Tabela 4-1. Áreas de Disposição Estudadas Inicialmente

Área	Coordenadas	Volume armazenado (m ³)	Dentro da área do Lago	Área Impactada	Distância aproximada da operação	*Pontos Acumulados
Fazenda Velho Soberbo	Lat 20o 13' 43.94" S; Long 42o 52' 10.99"	400.000	Não	Não	6 KM	6
Depósito Pequeno (Setor 1)	Lat 20o 11' 56.53" S; Long 42o 51' 38.84" O	90.000	Sim	Sim	1 KM	16
Antigo Soberbo (Setor 8.1)	Lat 20o 14' 15.34" S; Long 42o 52' 33.12" O	450.000	Sim	Sim	7 KM	12
Curva Banco de Areia (Setor 8.2)	Lat 20o 14' 15.46" S; Long 42o 52' 54.07" O	100.000	Sim	Sim	8 KM	12
Praça do Lago (Setores 4 e 5)	Lat 20o 12' 12.34" S; Long 42o 52' 39.31" O	2.200.000	Sim	Sim	2,5 KM	25
Depósito Jusante (Faz. Candonga)	Lat 20o 11' 37.17" S; Long 42o 50' 58.59" O	150.000	Não	Não	2,5 KM	8
Depósito Jusante Alto (Faz. Bocaina)	Lat 20o 12' 44.77" S; Long 42o 50' 55.07" O	50.000	Não	Não	1,3 KM	8

Fonte: FUNDAÇÃO RENOVA, 2017

Para recuperação das atividades da UHE Risoleta Neves foram selecionadas áreas para o barramento A, localizado a 400 m da barragem da UHE Risoleta Neves, e o barramento B, localizado em região intermediária do reservatório da UHE. Também estão sendo realizados novos estudos para implantação do barramento C. (FUNDAÇÃO RENOVA, 2017).

- A **Tabela 4-2** a seguir sintetiza os principais impactos ambientais potenciais associados à remoção, transporte e disposição dos rejeitos.

Tabela 4-2. Sintetiza os principais impactos ambientais potenciais associados à remoção, transporte e disposição dos rejeitos.

Atividade	Método	Impactos Potenciais		
		Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
Remoção	Dragagem	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da qualidade das águas dos rios por remobilização dos rejeitos depositados na calha, especialmente com relação à Turbidez, Sólidos Suspensos Totais, Cor Aparente, Oxigênio Dissolvido e Metais, entre outros; - Derivação de vazão dos rios, que pode ser significativa, a depender do período de execução (sazonalidade) e da vazão do rio impactado; - Instabilidade de trechos das margens; - Poluição das águas por vazamentos de combustíveis e lubrificantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Perturbação das biocenoses aquáticas, especialmente das comunidades bentônicas. Afugentamento temporário da fauna silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impedimento temporário de utilização das águas para irrigação, dessedentação animal, abastecimento público, recreação de contato primário; - Incômodos por geração de ruído, emissão atmosférica dos gases de combustão e circulação de pessoas, veículos e equipamentos; - Restrições temporárias para atividades de pesca, lazer e turismo.
	Escavação Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da qualidade das águas dos rios por aporte de sedimentos em suspensão provenientes do desmonte hidráulico, especialmente com relação à Turbidez, Sólidos Suspensos Totais, Cor Aparente, Oxigênio Dissolvido e Metais, entre outros. - Derivação de vazão dos rios, que pode ser significativa, a depender do período de execução (sazonalidade) e da vazão do rio impactado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Supressão de vegetação nativa e de habitats de fauna em ambientes já parcialmente recuperados naturalmente ou por ações emergenciais já implementadas; - Paralisação temporária dos serviços ambientais nos ambientes já parcialmente recuperados; - Perturbação das biocenoses aquáticas, especialmente das comunidades bentônicas; - Afugentamento temporário da fauna silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impedimento temporário de utilização das águas para irrigação, dessedentação animal, abastecimento público, recreação de contato primário; - Incômodos por geração de ruído, emissão atmosférica dos gases de combustão e circulação de pessoas, veículos e equipamentos; - Inutilização temporária de terras com usos restabelecidos pelas ações anteriormente executadas; - Restrições temporárias para atividades de pesca, lazer e turismo.

Atividade	Método	Impactos Potenciais		
		Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
	Escavação Mecânica em depósitos extra calha	<ul style="list-style-type: none"> - Exposição temporária de solos à ação dos processos erosivos pela remoção das camadas subjacentes; - Assoreamento e aporte de sedimentos aos rios, decorrentes do desenvolvimento de processos erosivos; - Poluição dos solos por vazamentos de combustíveis e lubrificantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perturbação das biocenoses terrestres em ambientes já parcialmente recuperados naturalmente ou pelas ações emergenciais já implementadas; - Supressão de vegetação nativa e de habitats de fauna em ambientes já parcialmente recuperados naturalmente ou por ações emergenciais já implementadas; - Paralisação temporária dos serviços ambientais providos pelos ambientes já parcialmente recuperados; - Afugentamento temporário da fauna silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incômodos por geração de ruído, emissão atmosférica dos gases de combustão e circulação de pessoas, veículos e equipamentos; - Inutilização temporária de terras com usos restabelecidos pelas ações anteriormente executadas.
	Escavação Mecânica em depósitos de calha	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da qualidade das águas dos rios por remobilização dos rejeitos depositados na calha, especialmente com relação à Turbidez, Sólidos Suspensos Totais, Cor Aparente, Oxigênio Dissolvido e Metais, entre outros; - Instabilidade de trechos das margens; - Poluição das águas por vazamentos de combustíveis e lubrificantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Perturbação das biocenoses aquáticas, especialmente das comunidades bentônicas; - Afugentamento temporário da fauna silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impedimento temporário de utilização das águas para irrigação, dessedentação animal, abastecimento público, recreação de contato primário; - Incômodos por geração de ruído, emissão atmosférica dos gases de combustão e circulação de pessoas, veículos e equipamentos; - Restrições temporárias para atividades de pesca, lazer e turismo.

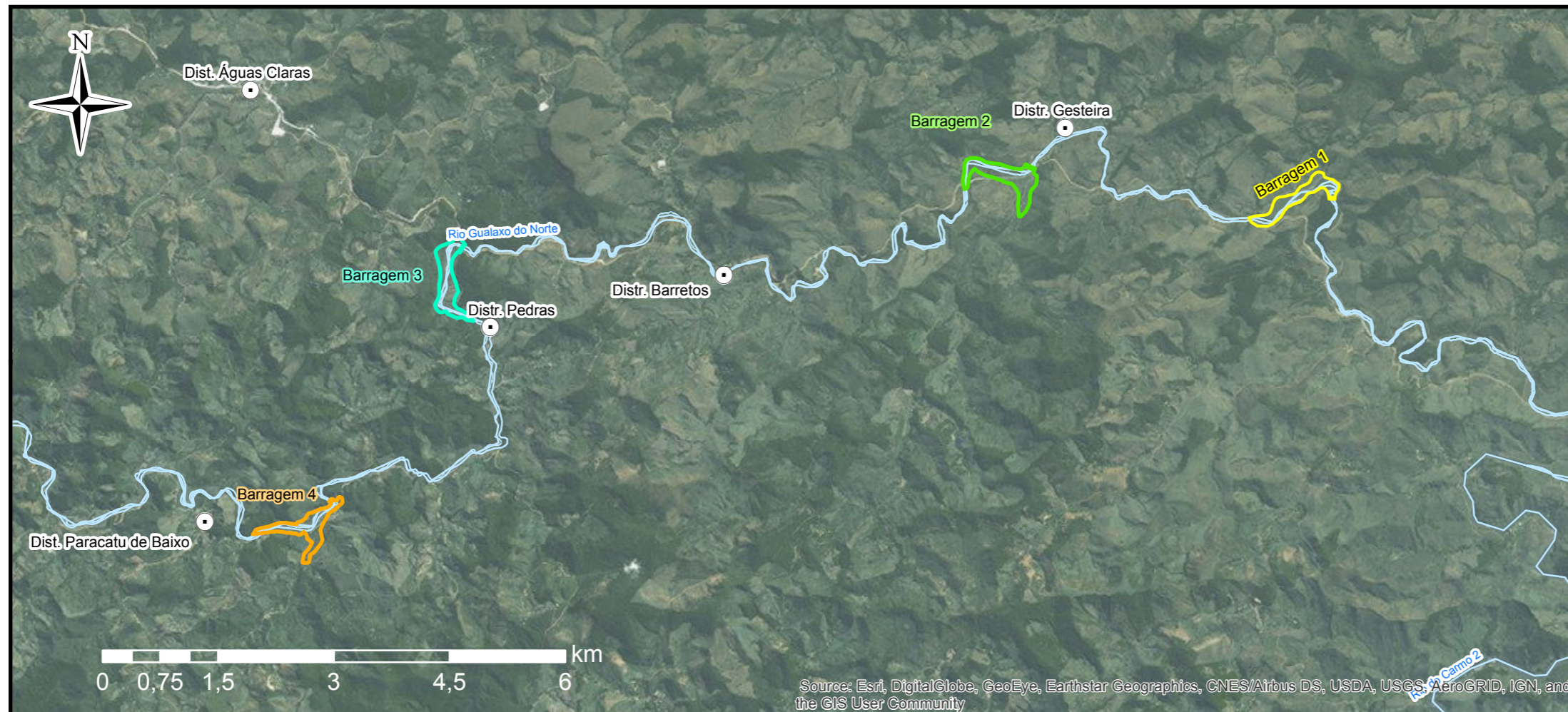
Atividade	Método	Impactos Potenciais		
		Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
Transporte	Remoção Manual	<ul style="list-style-type: none"> - Exposição temporária de solos à ação dos processos erosivos pela remoção das camadas sobrejacentes; - Redução dos volumes de materiais suscetíveis à erosão (Positivo). 	<ul style="list-style-type: none"> - Perturbação das biocenoses terrestres em ambientes já parcialmente recuperados naturalmente ou pelas ações emergenciais já implementadas; - Paralisação temporária dos serviços ambientais providos pelos ambientes já parcialmente recuperados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incômodos por geração de ruído e circulação de pessoas, veículos e equipamentos; - Inutilização temporária de terras com usos restabelecidos pelas ações anteriormente executadas.
	Bombeamento em tubulação		<ul style="list-style-type: none"> - Supressão de vegetação nativa e redução de habitats. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração temporária de uso do solo na faixa de implantação da tubulação; - Restrições temporárias à circulação de pessoas e veículos.
	Caminhão Basculante / Caminhão Tanque	<ul style="list-style-type: none"> Geração de ruídos. Emissão de gases de combustão e poeiras. 	<ul style="list-style-type: none"> Supressão de vegetação e de habitats pela abertura de acessos novos. Afugentamento temporário da fauna silvestre. Atropelamento da fauna silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> Incômodo por geração de ruído, poeira e pelo tráfego de veículos. Aumento do risco de acidentes de trânsito. Potencialização de danos às vias de acesso pelo tráfego de veículos pesados.
	Esteira Transportadora	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de processos erosivos em áreas de movimentação de terra e de exposição de solos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Supressão de vegetação nativa e redução de habitats; - Afugentamento da fauna silvestre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração de uso do solo na faixa de implantação da esteira; - Incômodo por geração de ruído e poeira fugitiva; - Restrições à circulação de pessoas e veículos; - Alteração da paisagem.
Disposição	Reservatórios de Barragem	<ul style="list-style-type: none"> - Potencialização de processos erosivos nas áreas com movimentação de terra; - Alteração do balanço hídrico na microbacia onde se insere a barragem; - Alteração da qualidade das águas dos corpos hídricos a jusante pelo aporte de águas de retorno com alta turbidez. 	<ul style="list-style-type: none"> - Supressão de vegetação nativa e redução de habitats; - Afugentamento da fauna silvestre; - Perturbação das biocenoses aquáticas, especialmente das comunidades nectônicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração de uso do solo na área de implantação da barragem de rejeitos; - Incômodo por geração de ruído e emissões de gases de combustão; - Alteração da paisagem.

Atividade	Método	Impactos Potenciais		
		Meio Físico	Meio Biótico	Meio Socioeconômico
	Pilhas e Geobags ¹	<ul style="list-style-type: none"> - Alteração da qualidade das águas dos corpos hídricos a jusante pelo aporte de águas de retorno com alta turbidez; - Potencialização de processos erosivos e de rupturas no maciço de rejeitos em pilha. 	<ul style="list-style-type: none"> - Supressão de vegetação nativa e redução de habitats; - Afugentamento da fauna silvestre; - Perturbação das biocenoses aquáticas, especialmente das comunidades nectônicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Alteração de uso do solo na área de implantação da pilha. Incômodo por geração de ruído e emissões de gases de combustão. Alteração da paisagem.

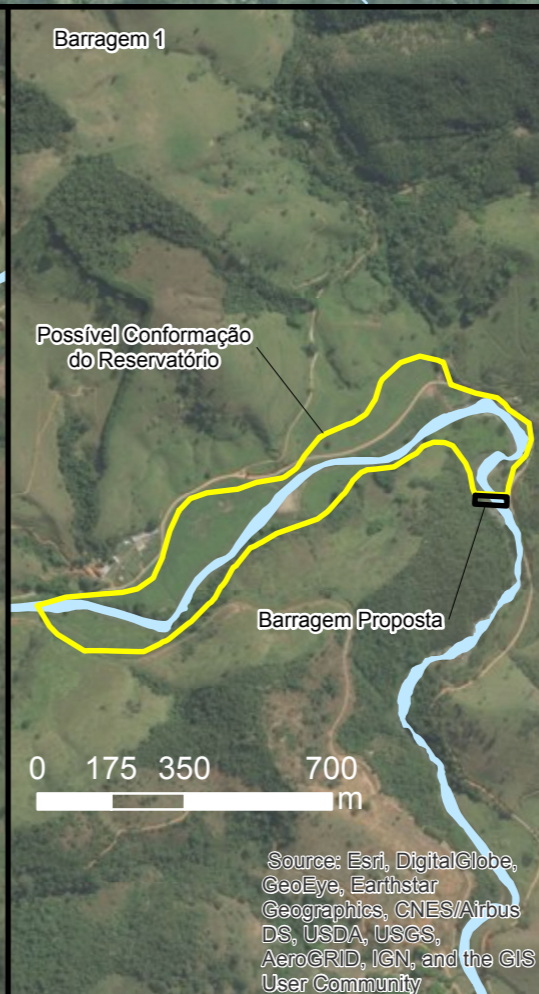
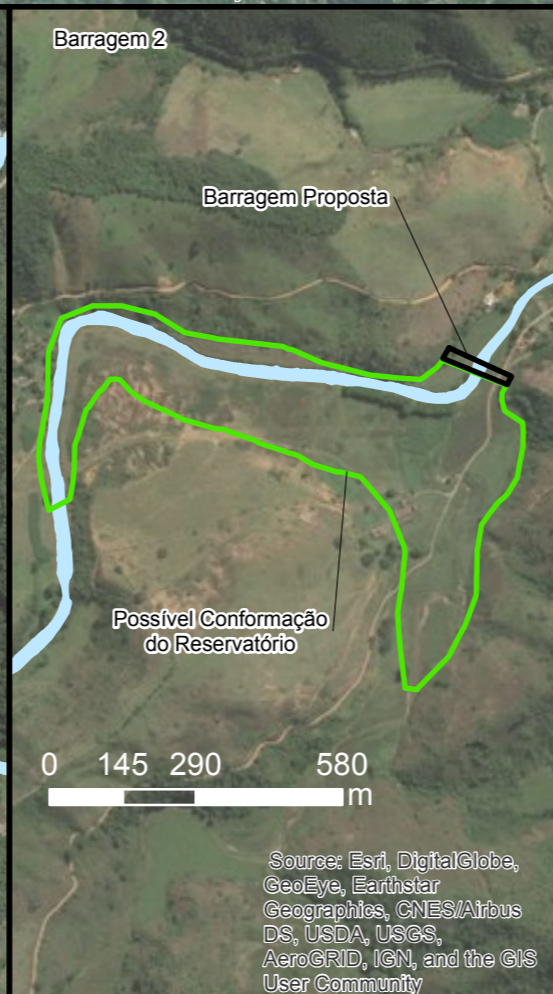
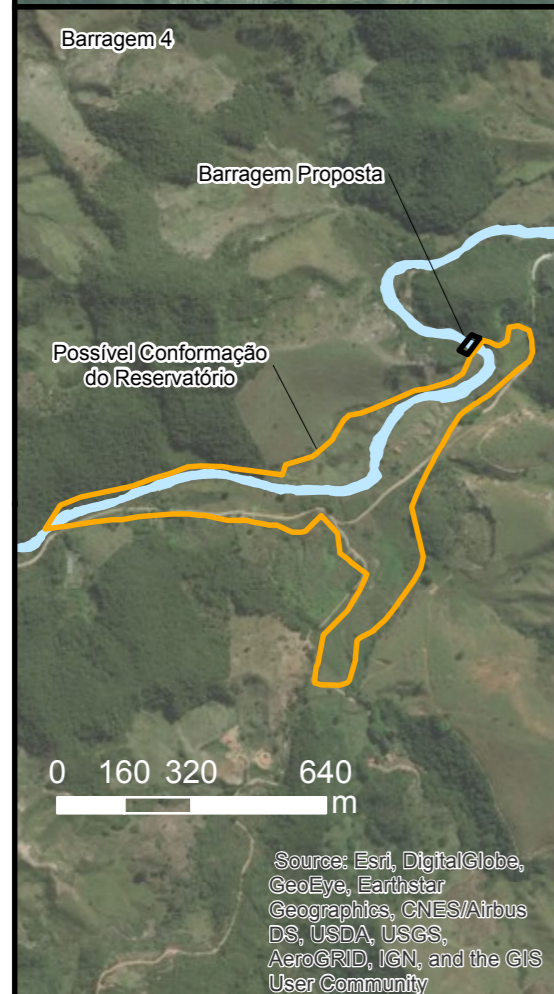
A avaliação dos impactos socioambientais deverá ser considerada de forma a compor a tomada de decisão quanto a melhor alternativa de manejo ou a combinação delas.

A **Figura 4-1** apresenta as localizações das barragens propostas no trecho do rio Gualaxo do Norte como medidas mitigadoras dos potenciais impactos relacionados a remoção de rejeito (retenção de carga em suspensão e carga de leito).

¹ Geobags podem adquirir uma configuração final de pilhas ou constituir barragens ou parte delas, sendo um elemento coadjuvante da disposição dos rejeitos em reservatórios.



- LEGENDA:
- Municípios / Distritos Afetados
 - Curso d'Água
 - Barragem 1
 - Barragem 2
 - Barragem 3
 - Barragem 4



ESCALA GRÁFICA:

NOTAS:

REFERÊNCIA:



TÍTULO: **Figura 4-1**
Áreas para Barramento/Reservatório de Retenção de Carga em Suspensão e Carga de Leito no Rio Gualaxo do Norte

PROJETO: **Plano de Manejo de Rejeitos**

ESCALA:	DATA: 18/03/2017	PROJ.: rutima	VERIF.: EL	APROV.: AG	REV.: RA0
---------	---------------------	------------------	---------------	---------------	--------------