

DIRETRIZES PARA DESCOMISSIONAMENTO DE ESTRUTURAS GEOTÉCNICAS DE MINERAÇÃO



AUTORES:



NEY AMORIM
LEONARDO VENTURA
GIL FRANÇA

FECHAMENTO DE MINA - TEMA RECENTE NO BRASIL

Aspectos ambientais de desativação de empreendimentos minerários começam a surgir de forma fragmentada e pouco difundida nas décadas de 80 e 90 e contribuem para a formação da legislação de fechamento:

- Lei 6938-81 – política nacional do meio ambiente;
- Constituição 1988 – obrigatoriedade do eia/rima;
- Decreto 97632-89 – necessidade de submeter o PRAD;
- Lei 9605-98 - lei de crimes ambientais.

INTRODUÇÃO

FECHAMENTO DE MINA - TEMA RECENTE NO BRASIL

DNPM em 2001 – Portaria 237 – 22 Normas Reguladoras de Mineração (NRM) – destacando-se NRMs 20 e 21.

FEAM em 2008 – Deliberação Normativa COPAM 127 de novembro de 2008;

Maio de 2017 – DNPM disponibilizou para consulta pública a proposta de minuta para alteração das NRMs que tratam do plano de fechamento de mina e renúncia a concessão.

FECHAMENTO DE MINA - TEMA RECENTE NO BRASIL

Muitas pilhas e barragens hoje em operação ou desativadas foram construídas antes mesmo da existência das respectivas normas técnicas no Brasil;

NBR 13028 e NBR 13029 – normas para barragem de rejeito e pilhas de estéril foram criadas em 1993;

As diretrizes propostas para fechamento destas estruturas foram organizadas nesta apresentação para obras já paralisadas, em operação e projetos futuros.

OBJETIVOS

- Proposição de diretrizes para projetos de fechamento de pilhas de estéril e barragens;
- Avaliação da relação entre declividade dos taludes de estruturas geotécnicas e do potencial de geração de processos erosivos;
- Apresentação de soluções genéricas para o descomissionamento de barragens e pilhas de estéril.

DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

- Usualmente taludes de bancada de pilhas de estéril são construídos com declividade próxima ao ângulo de repouso ou cerca de 1V:1,5H;
- Bancadas de taludes de jusante de barragens compactadas de rejeito ou contenção de sedimentos são usualmente construídas com declividade 1V:2H;
- Apesar de poderem ser consideradas estáveis do ponto de vista de rupturas e atingirem fatores de segurança adequados de acordo as normas vigentes, do ponto de vista de fechamento, devemos considerar o comportamento de longo prazo na geração de processos erosivos e transporte de sedimentos.

DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

- Estudo feito em 1977 (McKenna and Dawson) após avaliar 57 minas abandonadas ou parcialmente recuperadas no Canadá e Estados Unidos, concluiu que o maior risco físico à paisagem está associado erosão causada por escoamento superficial;
- Boas práticas internacionais sugerem ângulos de taludes com declividades de 3H:1V ou mais abatidos;
- Exemplos de referências que sugerem este ângulo:
 - Guia para Fechamento de Mina elaborado pelo Department of Primary Industries – Victoria –CA;
 - Caixa de Ferramentas Anglo American (2013);
 - Capstone Mining Corporate – Minto Mine Closure Studies (2016).

DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

- O ângulo de 3H:1V pode ser bastante conservador do ponto de vista de estabilidade geotécnica;
- Seria razoável o abatimento dos taludes de barragens e pilhas existentes para adequar a esta recomendação de boas práticas internacionais?
- Qual a justificativa técnica para adoção destes ângulos?

DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

- O ideal para projetos de fechamento de mina seria recuperar e reestabelecer o meio ambiente primitivo;
- Deve-se avaliar a relação entre custo e benefício de modo a não inviabilizar o empreendimento;
- Para pilhas de estéril e barragens existentes seria importante estudar maneiras de abater os ângulos dos taludes a fim de reduzir o surgimento de processos erosivos e geração de sedimentos, dentro das possibilidades técnicas e economicamente viáveis;



DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

- A sugestão de ângulos mais abatidos do que 3H:1V é proveniente de observações de comportamento de longo prazo em minas antigas abandonadas e também de modelos numéricos que relacionam a variação entre a declividade e geração de processos erosivos e sedimentos;
- Modelo numérico conhecido como Universal Soil Loss Equation (USLE). Elaborado após avaliar dados de chuvas e geração de sedimentos de 49 localidades nos EUA totalizando mais de 10.000 anos de monitoramento;

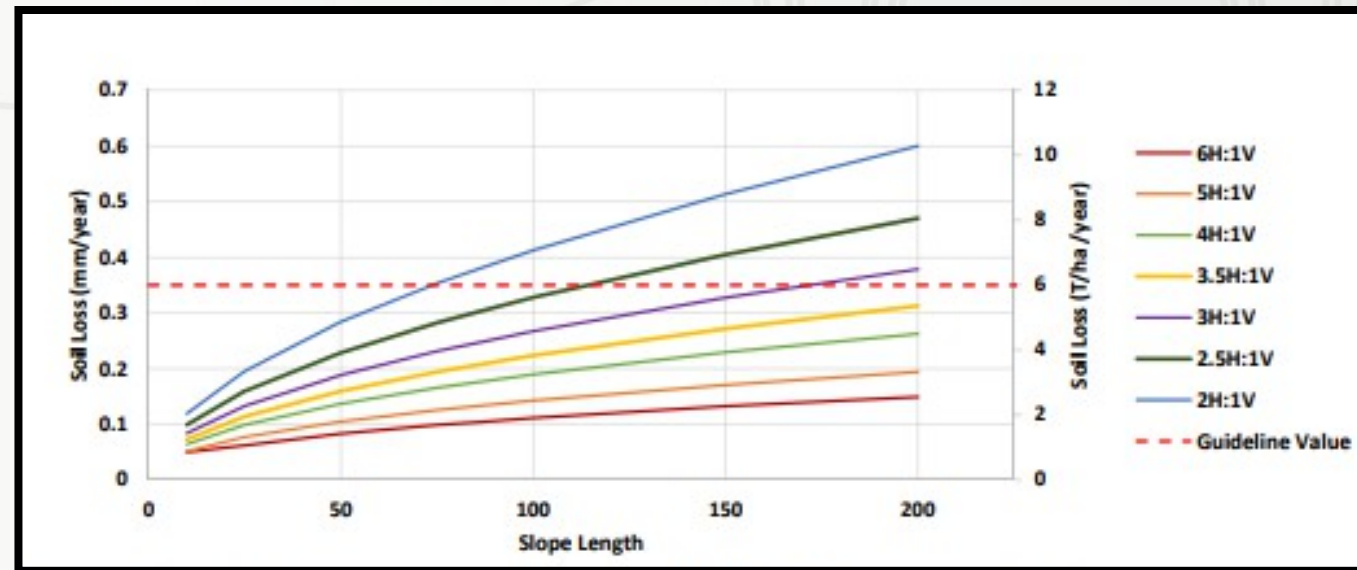
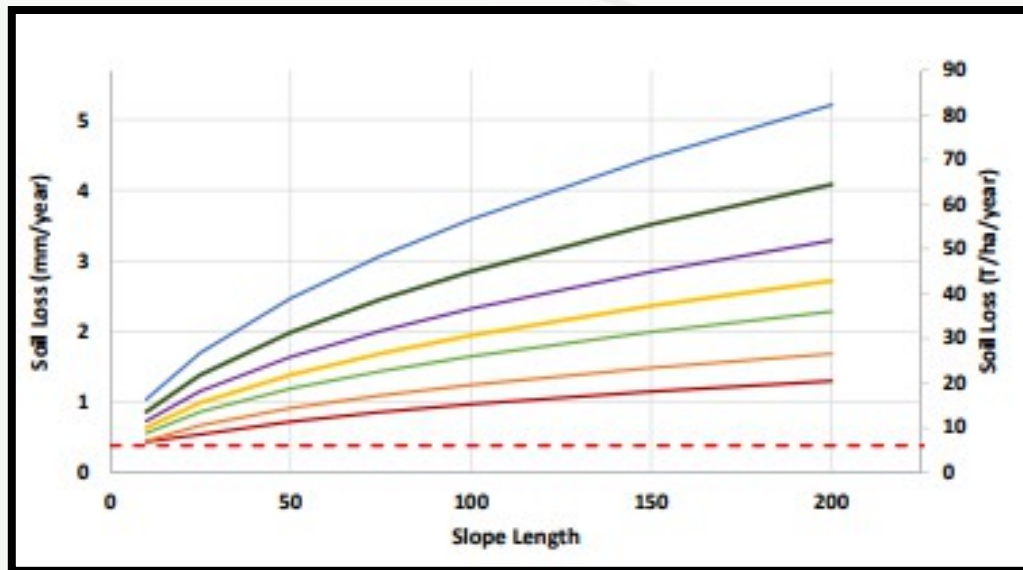
DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

Estudo realizado pela Capstone Mining Corporate – Minto Mine Closure Studies (2016)

- Usando-se o método USLE, foram realizadas análises de sensibilidade para um mesmo tipo de solo, variando-se a declividade, altura e existência ou não de cobertura vegetal nos taludes. O estudo considerou como critério a geração máxima de sedimento de 6t/ha/ano;
- Como resultado, para taludes vegetados foram obtidas gerações de sedimentos abaixo do critério considerado para diferentes comprimentos de taludes com declividade de 3H:1V.

DECLIVIDADE DE TALUDES E O FECHAMENTO

IMPORTÂNCIA EM VEGETAR OS TALUDES:



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL

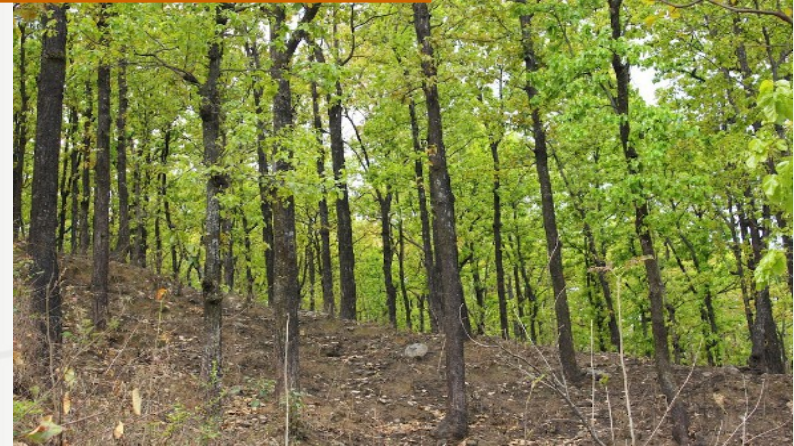
PILHAS PARALISADAS

Avaliar:

- Estabilidade Geotécnica e Geoquímica;
- Possibilidade de ser reprocessada;
- Integração com o meio ambiente, densidade e porte da vegetação;
- Tempo em que a estrutura está desativada;
- Funcionamento das estruturas de drenagem.

Primordial avaliar se é tecnicamente viável retaludar pilhas já paralisadas e que estão com vegetação densa instaurada. Possivelmente qualquer alteração na geometria dos taludes pode aumentar a área impactada, além de haver a necessidade de remover a vegetação existente, aumentando deste modo o impacto ambiental.

DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL



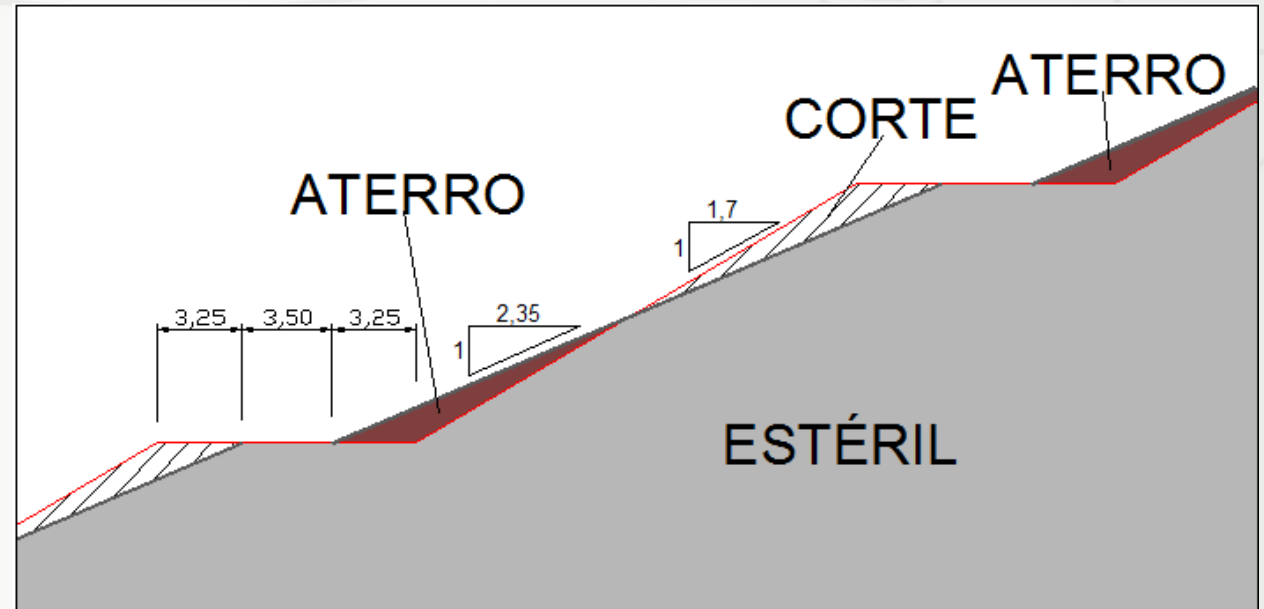
PILHAS PARALISADAS

- Na maioria dos casos, desde que as pilhas paralisadas atendam aos critérios de estabilidade normatizados, não é recomendável realizar alterações geométricas na mesma, pois estes causam mais impacto ambiental do que os benefícios trazidos pela sua implantação. Pequenas movimentações, como adequação das estruturas de drenagem superficial e drenagem interna (pé da pilha) são recomendáveis.

DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL

PILHAS EM OPERAÇÃO

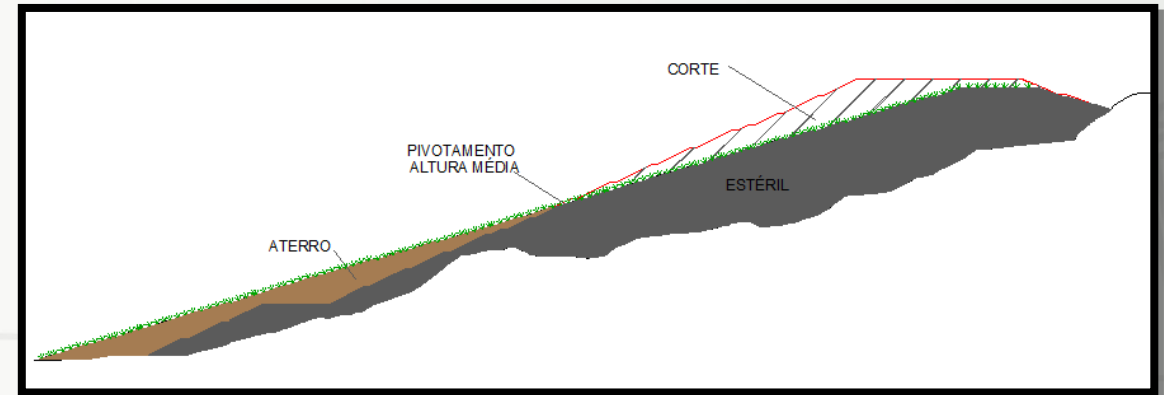
- Avaliar a estabilidade geotécnica e geoquímica;
- Avaliar possibilidade de recuperação devido à alterações do mercado e tecnológicas;
- Avaliar a possibilidade de abatimento dos taludes de bancadas por meio da redução das bermas, não aumentando área impactada;



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL

PILHAS EM OPERAÇÃO

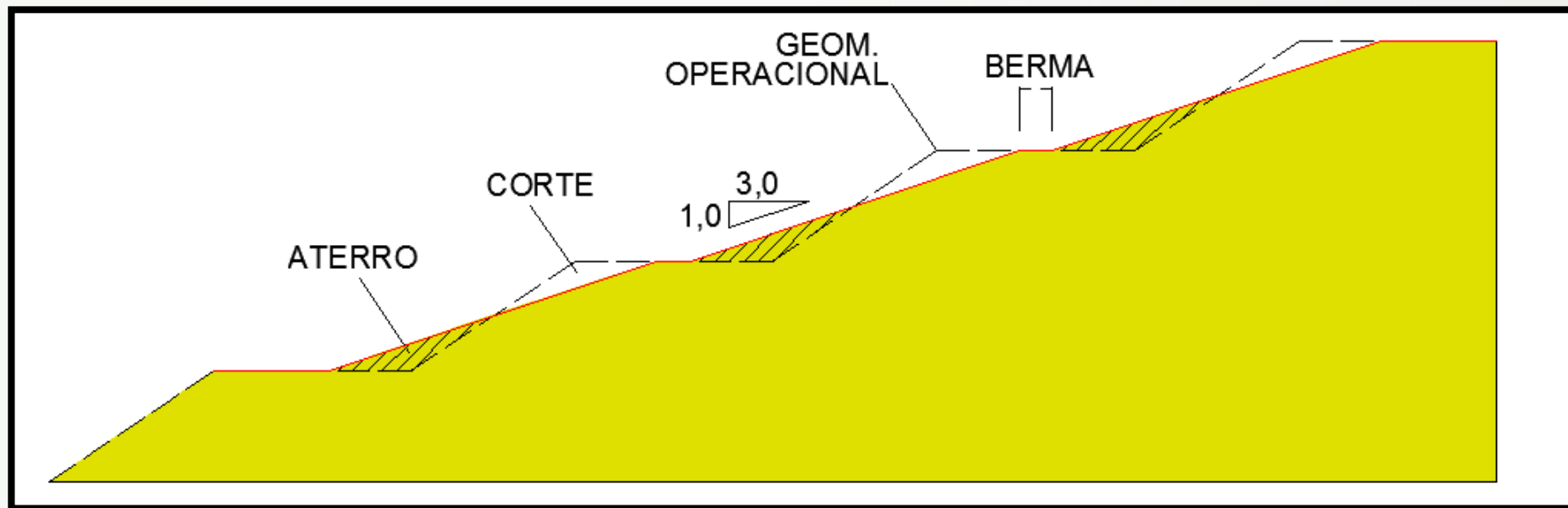
- Avaliar o retaludamento equilibrando cortes e aterro, gerando abatimento do ângulo geral;
- Implantar sistemas de drenagem superficial revestidos com materiais naturais, que se integrem com o entorno, tais como canais em enrocamento, revestimentos em blocos de concreto articulados;
- Implantar Vegetação.



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL

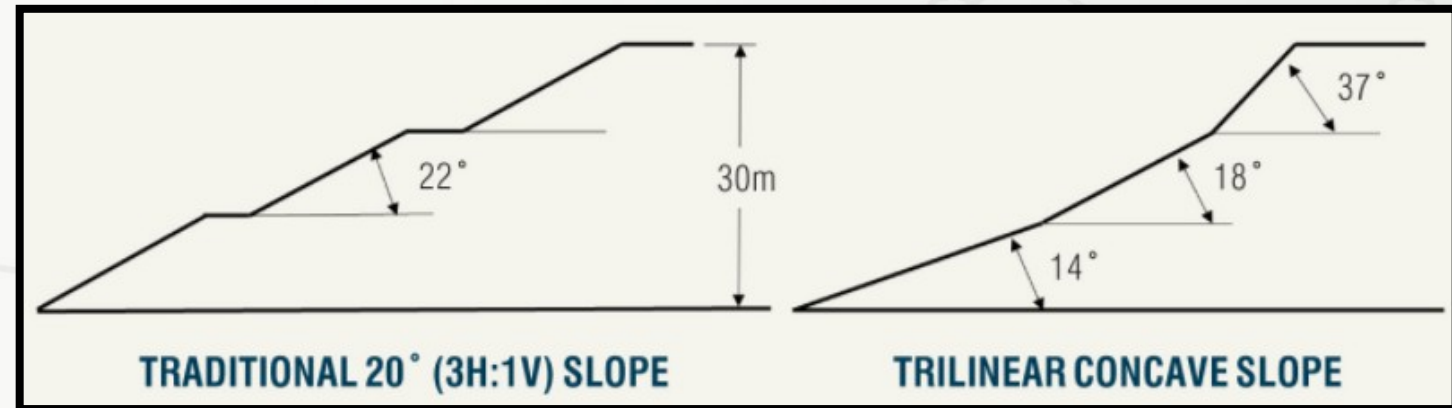
NOVOS PROJETOS DE PILHAS

- Projetar bermas com larguras maiores;
- Considerar ângulo operacional dos taludes mais íngremes;
- Abater taludes para 3H:1V para fechamento.



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL

NOVOS PROJETOS DE PILHAS



- Alguns estudos, manuais e autores sugerem que além de declividades menores do que 2,5-3H:1H, seja projetado taludes côncavos e convexos de modo a simular geomorfologias reais;
- Apesar das boas práticas internacionais sugerirem ângulos de talude mais suaves, cabe avaliar cada caso isoladamente;

DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE PILHAS DE ESTÉRIL

NOVOS PROJETOS DE PILHAS

- Para casos em que ângulos muito abatidos de projeto resultarem em geometrias com relação “área x volume” ineficazes e economicamente inviáveis, recomenda-se fazer estudo de análise de sensibilidade variando-se densidade de vegetação, tipo de solo de cobertura, altura dos taludes, etc;
- Utilizar métodos como USLE ou similares para avaliar o impacto de longo prazo na geração de erosões e adotar taludes mais íngremes do que 3H:1V, mantendo-se estabilidade geotécnica.

DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO E CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

BARRAGENS EXISTENTES:

A SEGUIR SÃO APRESENTADOS ALGUMAS CONSIDERAÇÕES VÁLIDAS PARA O FECHAMENTO DE BARRAGENS EM OPERAÇÃO:

- Avaliar a estabilidade geotécnica e geoquímica;
- Em caso de instabilidade geoquímica proceder estudo para mitigação da mesma (cobertura com solo, cobertura alagada, cobertura com geomembrana, etc);
- Avaliar possibilidade de recuperação do rejeito devido à alterações do mercado e tecnológicas. Neste caso deve-se desmontar a barragem e elaborar um PRAD no local remanescente;

DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO E CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

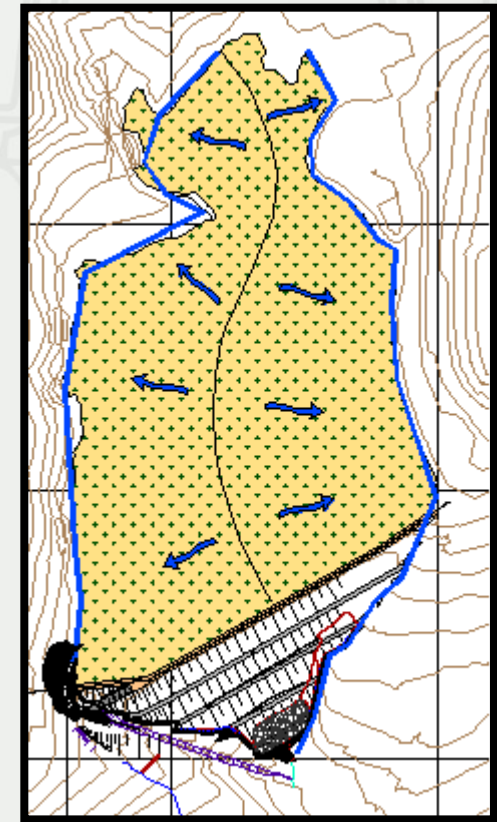
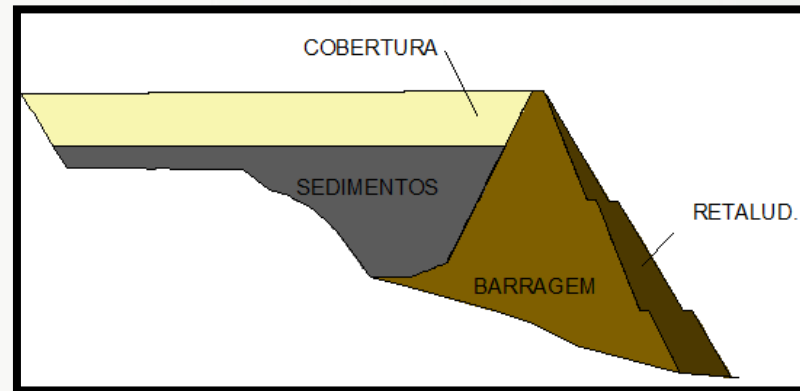
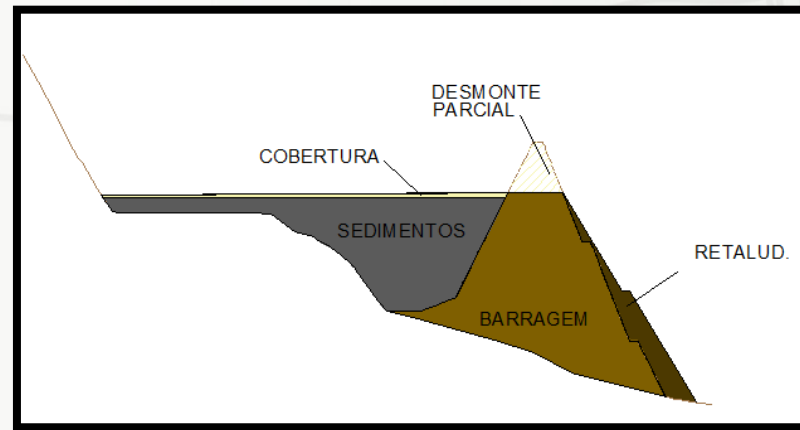
BARRAGENS EXISTENTES:

- Simular a geração de sedimentos de longo prazo para os taludes de jusante. Caso a geração de sedimentos obtida seja elevada, avaliar a possibilidade de realizar retaludamento ou aumentar a densidade de estruturas de drenagem e melhorar a eficiência e densidade da vegetação;
- Avaliar possibilidade de descaracterização da estrutura como barragem. Caso haja possibilidade de desviar as contribuições do reservatório para jusante, sem gerar acúmulo de água no reservatório. Dependendo da topografia regional e das dimensões esta alternativa pode não ser possível;
- Estudar capacidade de suporte do rejeito ou sedimentos e avaliar potencial de recalques diferenciais causados por adensamentos;

DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO E CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

BARRAGENS EXISTENTES:

- Sugere-se o desmonte parcial do maciço lançando material na cobertura de modo a direcionar as drenagens para fora do reservatório e assim aos poucos a freática no reservatório tende a rebaixar até que a estrutura passe a funcionar como aterro e não mais uma estrutura de contenção;
- Caso haja material excedente na mina, utilizar reservatório como bota fora (solo) auxiliando na regularização das declividades e direcionando a água para fora do reservatório seja com ou sem desmonte parcial;



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO E CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

BARRAGENS EXISTENTES:

- As estruturas de drenagem superficial podem ser projetadas direcionando as águas para canais periféricos (caso seja possível), ou mesmo formando-se canais passando pelo centro do reservatório;
- Estas estruturas de drenagem devem ser dimensionadas hidraulicamente de modo que se evite acúmulo de águas e a configuração de barramento;



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO E CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

BARRAGENS EXISTENTES:

- Implantar sistemas de drenagem superficial revestidos com materiais naturais, que se integrem com o entorno, tais como canais em enrocamento, revestimentos em blocos de concreto articulados e até mesmo descidas em gabião para maiores declividades. Como a ideia é descaracterizar estas estruturas como barragens, os dimensionamentos poderão seguir as normas vigentes para drenagens convencionais não precisando atender as sugestões para barramento, como TR=10.000 anos;
- Implantação de Vegetação.



DIRETRIZES PARA FECHAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO E CONTENÇÃO DE SEDIMENTOS

NOVOS PROJETOS DE BARRAGEM:

- As diretrizes a serem seguidas devem obedecer a mesma lógica apresentada para as barragens existentes, porém sugere-se que os taludes de jusante sejam projetados com 3H:1V;
- Avaliar a relação “custo x benefício” e área impactada e caso a sugestão acima seja considerada inviável sugere-se realizar análise de sensibilidade utilizando modelos como USLE para dimensionamento de inclinações mais íngremes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Deve-se reduzir ao máximo, sempre que possível, intervenções geométricas em estruturas paralisadas e já integradas ao meio ambiente;
- Importante avaliar a possibilidade de reduzir as declividades de taludes em pilhas para fechamento, estejam eles em operação ou em projeto futuro;
- Tomar por base ideal a declividade de 3H:1V;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Avaliar se os benefícios trazidos pelo abatimento dos taludes (3H:1V) compensam a área adicional impactada;
- Cabe simular formação de processos erosivos para cada caso, variando-se o comprimento dos taludes, a erodibilidade do solo e a densidade de vegetação, de modo a possibilitar projetar declividades de taludes mais íngremes do que o ângulo ideal gerando quantidades de sedimentos adequadas;

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- PARA BARRAGENS DEVE-SE BUSCAR A SUA DESCARACTERIZAÇÃO SEMPRE QUE POSSÍVEL;
- NESTE CASO, É IMPORTANTE ADOTAR CRITÉRIOS CONSERVADORES NO DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE DREANGEM A FIM DE EVITAR ACÚMULO DE ÁGUA.

