

**UNIPAMPA – CURSO SUPERIOR DE
TECNOLOGIA EM MINERAÇÃO
CAÇAPAVA DO SUL/RS**

Disciplina: **Planejamento e Gestão Ambiental**

Assunto: **Drenagem Ácida**

Prof. Raul Oliveira Neto

DRENAGEM ÁCIDA



DRENAGEM ÁCIDA

- ✘ A drenagem ácida resulta da oxidação natural de minerais portadores de enxofre, quando expostos à ação combinada da água e do oxigênio, em geral na presença de bactérias.

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ **Drenagem Ácida de Rocha (DAR):** é um processo natural através do qual H_2SO_4 é produzido quando sulfetos em rochas são expostos ao ar e a água.
- ✘ **Drenagem Ácida de Mina (DAM):** é essencialmente o mesmo processo, grandemente aumentado. Quando grandes quantidades de rochas contendo sulfetos minerais são escavadas e expostas, elas reagem com a água e com o oxigênio gerando H_2SO_4 . Quando a água atinge um certo nível de acidez, a bactéria *Thiobacillus ferrooxidans* se desenvolve acelerando a oxidação e o processo de acidificação, lixiviando ainda mais metais-traço do rejeito.

DAM – Drenagens ácidas de minas

Solução ácida gerada pela oxidação de sulfetos, em presença de água, contidos em resíduos de mineração.

Age como lixiviante de minerais presentes nos resíduos.

Produz um percolado rico em metais dissolvidos e H_2SO_4 .

Fonte de contaminação de recursos hídricos.

DAM – Drenagens ácidas de minas

Pode ocorrer quando o mineral de interesse está associado a sulfetos.

Ocorrência em sistemas de beneficiamento de ouro, carvão, cobre, zinco, urânio, etc.

Disposição inadequada de resíduos, expostos à condições oxidantes em presença de água.



- Drenagem ácida

✓ Óxidos

✓ Óxido de ferro

ATENÇÃO!!!

- ✘ Uma vez iniciada, a DAM pode efetivamente esterilizar um sistema aquático completo pela gerações vindouras – tornando-o num deserto biológico e num imenso passivo ambiental.





Drenagem ácida e material estéril



Rio “amarelo” e rio “azul” na região de Siderópolis, SC.

Fonte: Revista National Geographic Brasil, out/2001 – Fotos: Willians Barros.

DAM – Drenagens ácidas de minas

Também pode ocorrer em:

- ✓ **Galerias de minas subterrâneas**
- ✓ **Pilhas de lixiviação**
- ✓ **Pilhas de estoques de minério**
- ✓ **Cavas de minas a céu aberto**

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ A DAM é caracterizada pela elevada acidez e altas concentrações de metais como Al, Ca, Mg, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn, oxiânions (sulfato, arsenato, arsenito) e compostos residuais orgânicos (no caso de carvão).

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ O ácido sulfúrico é gerado, principalmente, pela oxidação da pirita (FeS_2) e da pirrotita (Fe_{1-x}S).
- ✘ A intensidade e a duração da DAM são funções complexas da natureza dos depósitos geológicos, sua mineralogia, da hidrologia da região e do intemperismo a que os minerais são expostos, podendo durar séculos até que a fonte de enxofre seja esgotada.

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ O grande impacto ambiental associado aos processos de drenagem ácida está mais relacionado às elevadas concentrações dos metais e ânions dissolvidos do que propriamente ao pH ácido do licor gerado.
- ✘ Esses íons são liberados em solução por diversos mecanismos.

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ O processo é geralmente iniciado através da oxidação química dos sulfetos metálicos (i.e. FeS_2 , CuFeS_2 e FeAsS) pelo oxigênio, até que sejam criadas condições para a ação de microrganismos que irão catalisar a reação de formação de íons férrico (Fe^{3+}) e ácido sulfúrico.
- ✘ Esses dois produtos constituem uma solução ácida, e suficientemente oxidante, capaz de lixiviar sulfetos.

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ Rochas e pilhas de rejeito geradoras de ácido ocorrem freqüentemente em muitas minas de metais comuns (Cu, Zn, Ni), ouro e carvão.
- ✘ A identificação incorreta ou o gerenciamento inapropriado de minas com potencial de geração ácida podem implicar em sérias conseqüências ambientais.

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

- ✘ Os contaminantes gerados nos processos hidrometalúrgicos ou nos processos de geração de drenagem ácida podem se apresentar na forma de sólidos em suspensão, material coloidal ou na forma de espécies (cátions, ânions ou moléculas neutras) dissolvidas a partir do minério ou incorporadas pela adição de reagentes.

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

“REMOÇÃO DOS CONTAMINANTES”

- ✘ A remoção dos particulados requer operações como peneiramento, espessamento, filtração ou flotação, na presença ou não de agentes químicos que possam auxiliar na separação sólido/líquido (S/L).
- ✘ Estes incluem modificadores de pH, agentes coagulantes (íons inorgânicos de carga elevada), tensoativos e agentes floculantes (compostos orgânicos).

Estratégias para minimização de DAM

Coberturas – Limitar o contato oxigênio / água / sulfetos (lâmina d'água ou resíduos sólidos).

Sistemas de tratamento de efluentes – Neutralização da acidez, com precipitação e imobilização das espécies dissolvidas.

Agentes neutralizantes: calcário (CaCO_3), Cal virgem (CaO) ou hidratada (Ca(OH)_2) e soda (NaOH).

DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

“REMOÇÃO DOS CONTAMINANTES”

- ✘ O método convencional de remoção das espécies dissolvidas na fase aquosa é a precipitação-sedimentação, seguida do espessamento do lodo formado.
- ✘ Técnicas emergentes vêm sendo testadas para o tratamento de efluentes. Estas incluem resinas poliméricas de troca iônica, compósitos, diversos materiais funcionalizados, eletrólise, processos envolvendo membranas, flotação não-convencional, processos envolvendo fotólise, biorremediação e fitorremediação.

✘ Algumas Técnicas para a correção da acidez:

✘ Canais de calcário abertos (CCA)

- ✘ Os CCA tratam a DAM em ambientes abertos à atmosfera (i.e., oxidantes), com ou sem a presença de ferro solúvel. A precipitação do ferro como hidróxido sobre o calcário reduz a solubilidade deste e sua eficiência como agente de redução da acidez, embora mesmo completamente coberto, o calcário continue gerando alguma alcalinidade. Os canais abertos de calcário são geralmente dimensionados para neutralizar pelo menos 90% da acidez em 1 hora de contato ou 100% para 3 horas de contato.

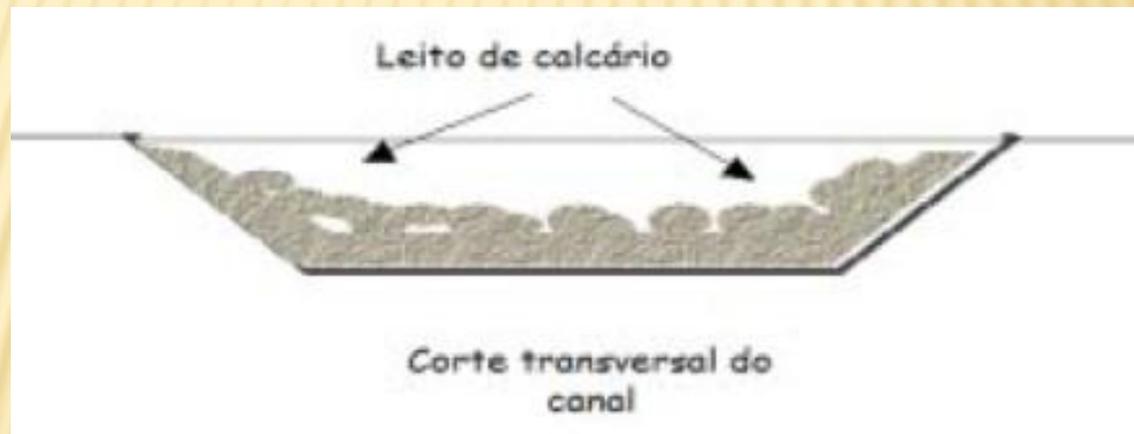
CANAIS DE CALCÁRIO ABERTO (CCA)

CORTE TRANSVERSAL ESQUEMÁTICO DO CCA

NEUTRALIZAM 90% DA ACIDEZ - 1 HORA E 100% - 3 HORAS DE CONTATO.

COMPRIMENTO 1 KM E DECLIVIDADE 10%.

FONTE: CETEM

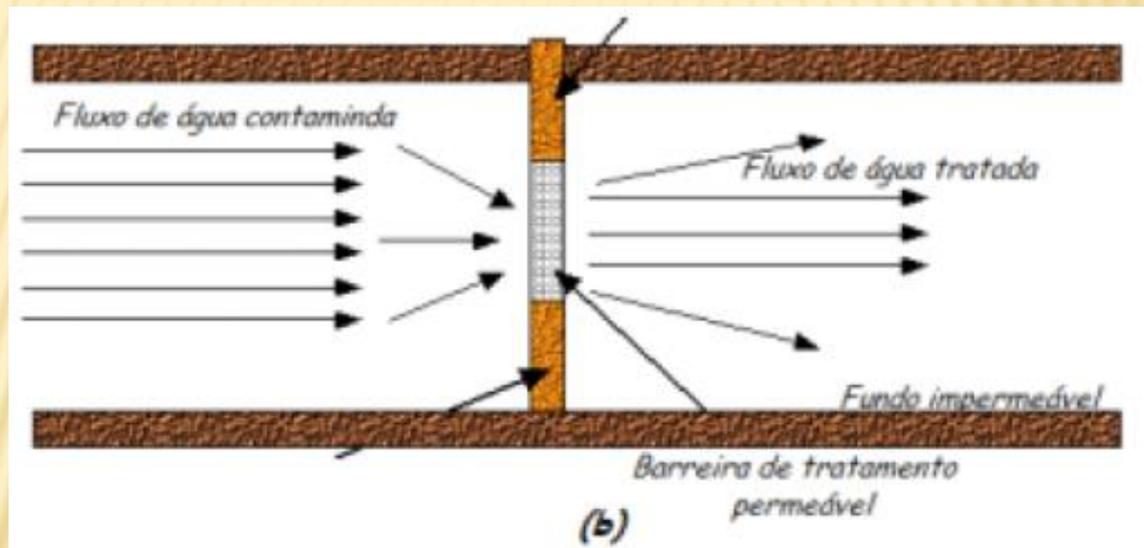


Barreiras Reativas Permeáveis

- * As barreiras reativas permeáveis são instaladas de forma a serem atravessadas pela DAM. Trata-se ainda de uma tecnologia pouco usual. Tem sido utilizada para o tratamento de hidrocarbonetos clorados e na redução de Cr (VI) para Cr(III).
- * É constituído por um conjunto de canais de drenagem que converge para uma bacia de contenção. Antes do descarte do efluente para o meio ambiente, a DAM contida na bacia atravessa a barreira reativa permeável onde são retidos os contaminantes presentes.

BARREIRA REATIVA

PARA TRATAMENTO D'ÁGUA, VISTA SUPERIOR
FONTE: CETEM



✘ Poços verticais produtores de alcalinidade

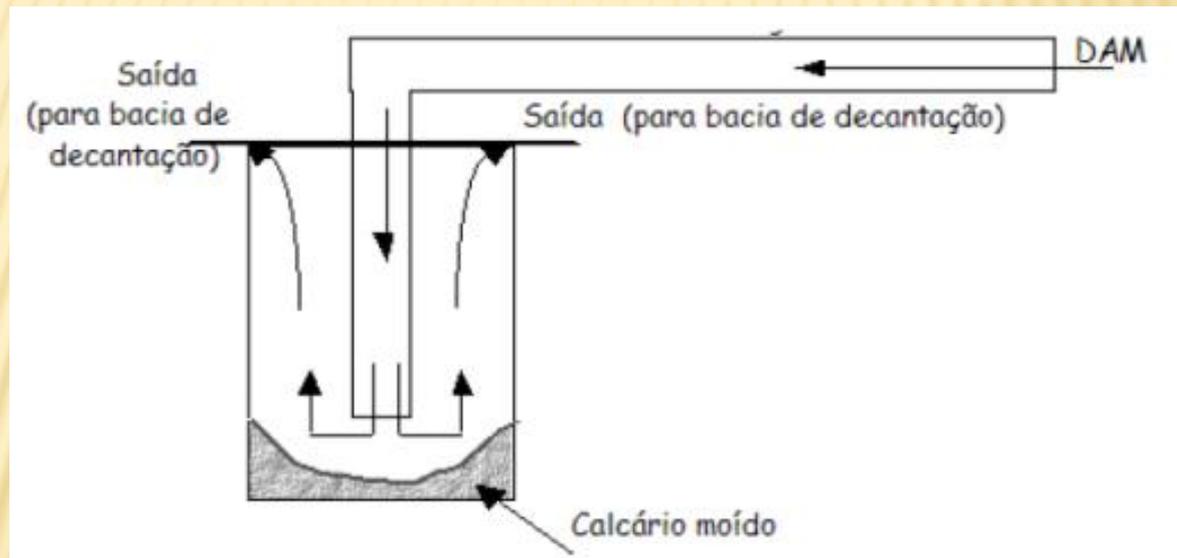
* Os poços são cilindros ocos de concreto com 1,5 a 2 m de diâmetro e 2 a 3 m de profundidade. O fundo do poço é geralmente de concreto reforçado resistente à erosão. A DAM é admitida no centro do poço junto ao fundo (5 a 8 cm do fundo) por tubulação com diâmetro de 20 a 25 cm.

* A neutralização da DAM e a precipitação dos metais dissolvidos são obtidas através do contato com o calcário no interior do poço. Após esse contato, o efluente tratado é conduzido a uma bacia de decantação.

POÇO VERTICAL

DESENHO ESQUEMÁTICO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DO POÇO

FONTE: CETEM



Uso de Coberturas:

Coberturas úmidas – inundação controlada de áreas de disposição de resíduos ou na elevação do nível d'água dentro delas:

- Mantém o ambiente livre de O_2 com a submersão dos rejeitos;
- O ambiente permanece redutor e portanto não ocorre a oxidação.

Problema:

- Manter o nível da água adequado durante um longo período de tempo;
- Diques mais antigos podem não ter sido projetados para conter água.

TRATAMENTO DE EFLUENTES E COBERTURA ÚMIDA NA MINA DE QUIRKE, CANADÁ.

FONTE: CETEM.

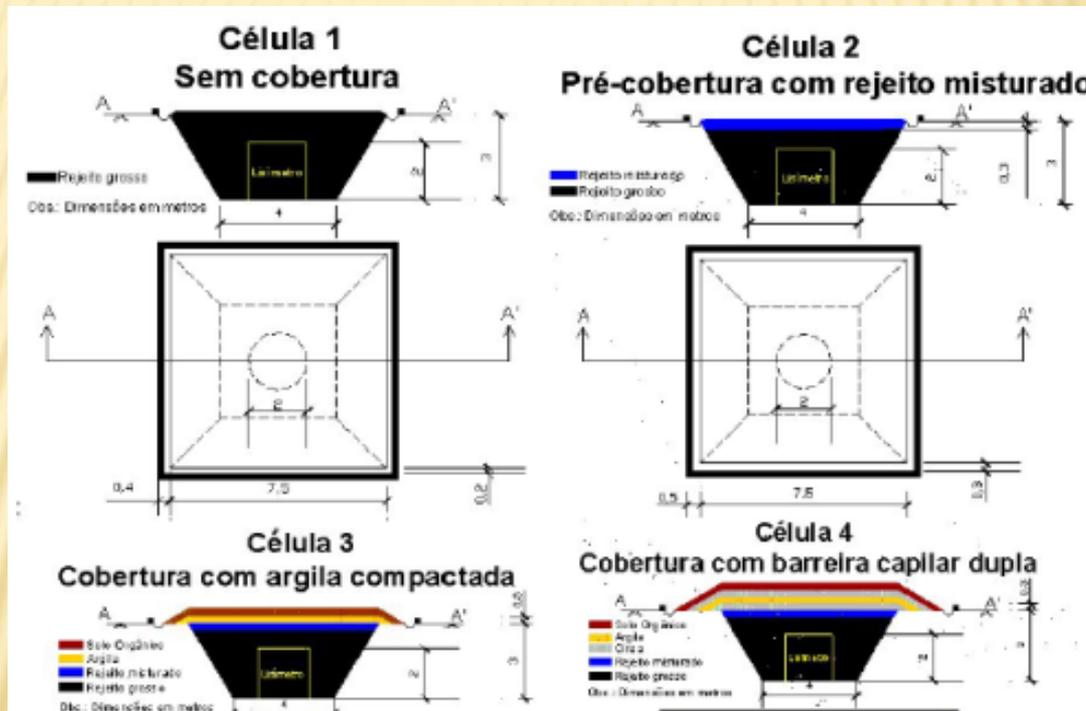


COBERTURAS SECAS

Alternativa quando os aspectos climáticos, topográficos, hidrológicos, ambientais ou econômicos não indicam a inundação da área de disposição de resíduos como solução para mitigação da geração da DAM.

SISTEMA DE COBERTURAS

ARGILA COMPACTADA E CAMADA SUPERIOR SOLO ORGÂNICO.
CARBONÍFERA CRICIÚMA, FORQUILHINHA, SC.



ETAPAS CONSTRUTIVAS

aterro em construção



(a)



(b)

aterro pronto

regular geometria da cava



(c)



Inst geomanta impermeável

(d)

Instalação do lisímetro



(e)



(f)

Colocação do rejeito grosso na cava

ETAPAS CONSTRUTIVAS

Compactação da cinza



(g)



(h)

Colocação da camada de proteção

Colocação da camada de proteção



(i)



(j)

Calhas de drenagem superficial

Pç coleta e unid aquisição de dados



(k)



(l)

Série de instrumentos instal (temp, sucção e umidade).

ESTAÇÃO EXPERIMENTAL CONCLUÍDA



Sistemas de tratamento de efluentes ácidos – DAM

As alternativas mais comuns para o tratamento dos efluentes ácidos característicos de uma DAM envolvem a neutralização da acidez e conseqüentemente precipitação e imobilização das espécies dissolvidas.

Os agentes neutralizantes mais usados são:

- * o calcário;
- * cal virgem ou a hidratada; e a
- * soda caustica

Estratégia Complementar

O desvio de águas são estratégias para evitar o contato das águas com o resíduo, desviando-as e minimizando a geração de ácido.

Algumas alternativas comumente adotadas:

- ✘ Execução de drenos verticais e horizontais com materiais permeáveis para a captação da água ácida após o processo de lixiviação e depois fazer o tratamento;
- ✘ Impermeabilização de valas de todo o processo de lixiviação;
- ✘ Instalação de drenos de fundo e laterais para o escoamento da água para fora do material gerador;
- ✘ Canais e diques periféricos;
- ✘ Bacias de captação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- × Drenagem Ácida de Mina, Prof. Dr. Eduardo Bessa de Oliveira, Cetem – Centro de Tecnologia Mineral.
- × NRM 22, Ministério de Minas e Energia.
- × Disciplina de Metalurgia Extrativa dos Metais Não-Ferrosos, Prof^o. Nestor Cezar Heck – UFRGS / DEMET.
- × Disciplina Processos Hidrometalurgicos, 5^o Sem. CSTM -UNIPAMPA, Prof^o. Raul Oliveira Neto.