

## IMPACTO AMBIENTAL

\* Uriel Duarte

\*\* Gilson Lucio Rodrigues

## INTRODUÇÃO

A implantação de uma mineração provoca o desenvolvimento sócio-econômico em sua vizinhança, além de incentivar o surgimento de outros segmentos da indústria que consomem matéria prima mineral, sejam parques metalúrgicos e siderúrgicos, seja a indústria cimenteira, olarias, indústrias químicas e fertilizantes, entre outros.

Compreende-se perfeitamente o interesse de determinadas comunidades e de grande parte das instituições governamentais ligadas a proteção ao meio ambiente em olhar a mineração com certo receio muitas vezes por desconhecimento, outras por motivos justificáveis, seja por condenáveis agressões ao meio ambiente, aos ecossistemas naturais, seja por problemas de segurança decorrente das operações de lavra, transporte inadequado do minério em áreas urbanas ou mesmo o indiscriminado lançamento de rejeitos, líquidos e/ou sólidos em cursos d'água, etc.

O abandono de uma mina, como fase final de toda atividade mineral, acarreta uma série de implicações, entre as quais destaca a agressão ao meio ambiente, e dentro desta, o impacto às águas superficiais e subterrâneas devido a formação de águas ácidas.

## GENERALIDADES

Em consequência da exploração de minas de carvão, sulfetos metálicos, urânio, etc., uma grande quantidade de material pirítico fica exposta a ação de águas superficiais ou subterrâneas. Há uma oxidação espontânea da pirita e dos sulfetos associados a ela, quando temos a:

- a - existência de quantidades suficientes de água e oxigênio.
- b - presença de bactérias catalizadoras, das quais a Thiobacillus Ferrooxidans é a fundamental.

São originados o sulfato ferroso e o ácido sulfúrico, como produtos da oxidação, além de outros sulfatos metálicos solúveis em menores quantidades. Há uma oxidação dos cátions ferrosos, produzindo  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (hidróxido de ferro), conhecido como "yellow boy", provocando mais aci-

\* CEPAS - Instituto de Geociências/USP

\*\* Eng. Minas do DNPM - São Paulo

[illegible]

Encontro Nacional / de estudos sobre Meio  
Ambiente, 2. 1989. Florianópolis. Anais, v. 1

dez.

A acidez, com o decréscimo do pH da água, tem como consequências (KIM et al., 1982) que:

- a - a água se torna fortemente corrosiva;
- b - o ecossistema fluvial se degrada, até ser incapaz de manter muitas formas de vida, e
- c - a solubilidade de muitos metais pesados aumenta, e com isto as águas podem chegar a ser tóxicas.

Características das águas ácidas de mina:

pH = 3 - 5 (até 1,8).

Sulfatos = vários centos de mg/l (até 3.500 mg/l).

Ferro = entre 50 a 200 mg/l.

Zinco = até 200 mg/l.

Manganês = entre 1 a 8 mg/l (até 100 mg/l).

Alumínio, Chumbo, Cobre, Níquel, Mercúrio, Cádmio, Cromo e outros metais. Como também podem apresentar concentrações de cálcio, magnésio e, em alguns casos, de elementos tóxicos como o arsênico.

Os casos mais graves de contaminação de aquíferos, por drenagem ácida de minas abandonadas, já estudadas, foram produzidas de modo imprevisível. Nestes casos nem a empresa, nem os órgãos estatais competentes, foram capazes de prever o problema, o que sempre agrava suas consequências.

Os problemas apresentados pelas águas ácidas de mina, e as soluções adaptáveis ao controle são difíceis de sistematizar, já que cada situação é distinta uma das outras, por isto, exigem soluções específicas.

Estima-se que a indústria mineira de carvão, dos EUA, gasta mais de 1 milhão de dólares por dia no tratamento de águas ácidas de mina (ACKMAN E KLEINMANN, 1985).

## FORMAÇÃO DE ÁGUAS ÁCIDAS

A água é, logicamente, o elemento fundamental na formação de águas ácidas de mina. Ela atua como reativo na oxidação de pirita, como meio no qual se desenvolvem as reações e como elemento de transporte dos produtos formados. A pirita pode encontrar-se tanto no mineral como, em alguns casos, na rocha encaixante.

O mecanismo de degradação da qualidade da água, é o seguinte (RUBIO et al., 1986):

- a - oxidação da pirita, ao existir condições aeróbicas, uma vez iniciados os trabalhos de mineração.

b - oxidação de outros sulfetos, menos oxidáveis, pela ação das águas ácidas produzidas pela pirita.

c - lixiviação de argilas, carbonatos e feldspatos através das águas ácidas formadas.

d - deposição dos íons dissolvidos, formando crostas e massas de sulfeto. Tem-se comprovado a presença de sulfatos de magnésio, cálcio, ferro e outros.

e - dissolução dos sulfatos, uma vez que o bombeamento deixou de atuar e a água subterrânea circula novamente pela rocha. Nesse momento a água se contamina.

O resultado é que as águas adquirem baixos pH e altas concentrações de sulfatos, cátions alcalinos, metais pesados e de transição.

Entretanto, existem águas contaminadas que não são ácidas. Isto se explica pela ação neutralizadora de dolomitas ou de rochas carbonatadas, quando atuam como rocha encaixante. O elevado teor da água em cálcio e magnésio demonstra que, efetivamente, a dolomita se dissolve para neutralizar o pH. Além da dureza, a água apresenta conteúdos altos em sulfatos, assim como em alguns metais pesados, que com este pH ainda não precipitaram.

A qualidade e quantidade de água ácida produzida, nos rejeitos "Piríticos", depende de diversos fatores (SCHUBERT e MILLER, 1982):

a - a quantidade de pirita e o tamanho dos grãos.

b - a profundidade de penetração do oxigênio.

c - a umidade.

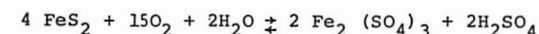
d - a temperatura.

e - as características hidrogeológicas do lugar.

f - a presença de bactérias que oxidam a pirita.

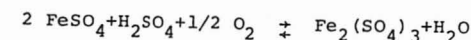
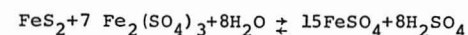
A oxidação da pirita faz-se por dois mecanismos:

a - DIRETO



O processo é catalizado por bactérias. O oxigênio é o agente oxidante.

b - INDIRETO



Catalizada por bactérias o agente oxidante é o férrico. As bactérias determinam a velocidade do processo.

## MINAS PRODUTORAS DE ÁGUAS ÁCIDAS

### MINA DE PIRITA

São inúmeras as minas abandonadas, desde tempos muito remotos, as quais são fontes produtoras de águas ácidas, que afetam tanto aos sistemas de águas subterrâneas, como as correntes superficiais; neste caso muito mais pela quantidade de pilhas de estéril acumulados, sujeitos a lixiviação pelas águas de precipitação, que pelas próprias explorações.

### MINAS DE SULFETOS COMPLEXOS

Pode-se considerar grande parte das minas, onde a associação BPG (blenda-pirita-galena) é a mais frequente.

Trata-se, igualmente, de minas abandonadas ou em exploração, às vezes com grande movimentação de rochas que provocam uma grande quantidade de vazios subterrâneos e, por consequência, pilhas de rejeitos, devido à produção, criando-se condições favoráveis para que haja poluição.

### MINA DE URÂNIO

Este tipo de mineração destaca-se pela presença, muito frequente, de pirita e marcassita. A lixiviação "in situ" e em pilhas de rejeitos, ocorre bastante neste tipo de mineração.

### MINA DE CARVÃO

A própria gênese de formação dos jazimentos de antracito, hulha, linhito e turfa está relacionada com ambientes sedimentáveis e com processos de redução, muito favoráveis ao desenvolvimento de sulfetos de ferro.

### IMPACTO AMBIENTAL

As águas ácidas de mina podem incorporar-se ao sistema hidráulico subterrâneo, contaminando aquíferos, ao surgir como efluentes que vertem em cursos d'água superficial.

Quando ocorre o escoamento das águas ácidas, através de terrenos permeáveis, há infiltração e surgem na base, na forma de mananciais ácidos. Por sua acidez e toxicidade impedem o desenvolvimento de uma cobertura vegetal, e em alguns casos destroem a cobertura já estabelecida. O resultado é que, em pouco tempo, aqueles locais onde depositou-se as águas estarão expostos por completo à erosão.

A presença de  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  nos cursos d'água tem diversas consequências negativas (RUBIO et al., 1986):

- a - tem cor forte, entre amarelo e roxo, produzindo efeito estético desagradável,
- b - os cátions ferrosos consomem oxigênio, reduzindo a quantidade disponível para o consumo dos organismos aquáticos,
- c - os organismos bentônicos não se adaptam nestas condições de vida. Sem eles há alterações na cadeia alimentícia, afetando os organismos superiores que atuam como depredadores,
- d - há alteração no ciclo reprodutivo dos peixes,
- e - as águas transportam cátions metálicos que se acumulam nos tecidos dos organismos, concentrando-se finalmente nos depredadores superiores, com riscos para o consumo humano (FIG. 1). Dependendo da concentração de cátions pode haver mortandade dos peixes.

De uma maneira geral, os mananciais de água contaminados por águas ácidas, não são potáveis, assim como podem causar graves prejuízos econômicos às indústrias que utilizam-se destas águas, tendo-se em conta que a depuração da água se encarece com a degradação de sua qualidade original. Às vezes há necessidade de utilizar-se um abastecimento alternativo.

### COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Apesar do quadro pessimista que foi apresentado, existem possíveis meios de solução, através de técnicas preventivas e técnicas corretivas.

As técnicas preventivas atuam sobre alguns dos fatores que influem para a formação de águas ácidas, como: oxigênio, água e presença de Tnio-bacillus Ferrooxidans, sendo que para este último somente aplicável em minas a céu aberto. Para mina subterrânea temos a inundação da mina (diminuindo a quantidade de ar) e a impermeabilização da mina (reduzindo o volume de água ácida formada); para mina a céu aberto, temos: desvio de águas superficiais, impermeabilização superficial, manipulação seletiva do estéril e inibição bacteriana.

Como técnicas corretivas temos as plantas de neutralização química; planta de tratamento por intercâmbio iônico, tratamento por osmose inversa, etc.

Como vimos podem ser tomadas algumas medidas paleativas visando minimizar os efeitos maléficos provocados pela atividade mineral. Porém, acreditamos, as principais medidas seriam a conscientização ambiental junto aos mineradores e uma maior fiscalização por parte dos organismos res

ponsáveis, visando, desta forma, proporcionar uma harmonia entre a atividade minerária e o restante da sociedade.

## BIBLIOGRAFIA

- ARRUDA, A.T. - "Mineração e Meio Ambiente" - Aspectos Técnicos e Legais". In-Coletânea de Trabalhos Técnicos Sobre Controle Ambiental na Mineração. Brasília, DNPM. 1985.
- KIM, A.G. et Alli - Acid Mine Drainage: Control and Abatement research, BuMines Inform, 1982. Circ. V. IC-8905, 22 p.
- ACKMAN, T.E.; KLEINMANN, R. - In-line aeration and treatment of acid mine drainage. BuMines Report Invest, 1984 - R.I. 8868.
- SCHUBERT, J.P.; MILLER, R.M. - Subsurface oxidation of Pyritic Coal-cleaning wastes by chemoautotrophic bacteria. Symp.Surf. Mining Hidrol., Sediment. Reclam. Univers. Kentucky, 1982, pág. 623-634.
- ARAUJO, J.E.V. - "Carvão Mineral: Aspectos Ambientais". In Coletânea de Trabalhos Técnicos Sobre Controle Ambiental na Mineração. Brasília, DNPM, 1985.
- RUBIO, R.F. et Alii - Abandono de Minas. Impacto Hidrológico. Madrid, Ministério de Industria y Energia; Ministerio de Educación y Ciencia, 1986, 267 p.

## REABILITAÇÃO DE ÁREA MINERADA POR PEDREIRA

Efigênia Soares Almeida (\*)

## RESUMO

Este trabalho descreve os procedimentos adotados pela Pedreira SAIBRITA LTDA - Extração e Comércio de Saibro e Brita Ltda, na reabilitação de área minerada de granito, em Palhoça-SC.

São apresentadas as atividades de recuperação ambiental desenvolvidas, descrevendo-se a metodologia empregada para restauração do solo, adubação, seleção de espécies florestais e revegetação da área minerada.

(\*) Engenheira Geóloga, formada em 1984 pela Universidade Federal de Ouro Preto - MG;  
Mestranda em Utilização e Conservação de Recursos Naturais - UFSC.