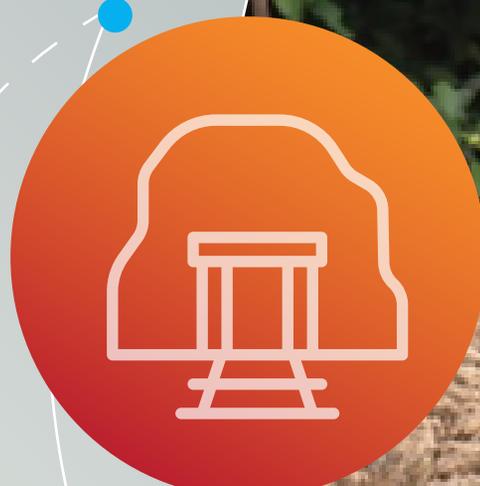


Programa de capacitação e treinamento em meio ambiente e fechamento de mina

Guia para Cooperativas na Mineração Artesanal e em Pequena Escala (MAPE) no Brasil



Programa de capacitação e treinamento em meio ambiente e fechamento de mina

Guia para Cooperativas na Mineração Artesanal e em Pequena Escala (MAPE) no Brasil

Responsável:

Prof. Dr. Wilson Siguemasa Iramina (Universidade de São Paulo)



Coordenação Geral

Prof. Dr. Giorgio de Tomi (NAP.Mineração/USP)

Coordenadores técnicos

Carlos Henrique Xavier Araujo, MSc (NAP.Mineração/USP)

Oswaldo Menta Simonsen Nico, MSc (NAP.Mineração/USP)

Consultores Internacionais

Prof. Dr. Marcello Mariz Veiga (University of British Columbia)

Prof. Dr. André Xavier (University of British Columbia)

Especialista em cooperativismo mineral

Dr. Alex Dos Santos Macedo (Organização das Cooperativas do Brasil)

Iniciação científica

Elisangela Romanelli (Universidade Cruzeiro do Sul)

Sara Wenceslao Ferrarini (Universidade de São Paulo)

Gustavo Ecker Ferreira (Universidade de São Paulo)

Joao Vittor Rodrigues Teixeira (Universidade de São Paulo)

PROGRAMAS DE CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO

Programa de capacitação e treinamento em governança

Prof. Dr. André Xavier (University of British Columbia)

Dr. Alex dos Santos Macedo (Organização das Cooperativas do Brasil)

Samuel Soares da Silva, MSc (Universidade Federal de Viçosa)

Tamires Ramalho (Universidade Federal de Viçosa)

Prof. Dr. Alan Ferreira de Freitas (Universidade Federal de Viçosa)

Programa de capacitação e treinamento em saúde, segurança e gerenciamento de risco

Prof. Dr. Sergio Medici de Eston (Universidade de São Paulo)

Programa de capacitação e treinamento em meio ambiente e fechamento de mina

Prof. Dr. Wilson Siguemasa Iramina (Universidade de São Paulo)

Programa de capacitação e treinamento em equidade de gênero

Profa. Dra. Anabelle Carrilho (UnB)

Orientações sobre capacitação e treinamento em melhores práticas na MAPE de ouro

Prof. Dr. Marcello Mariz Veiga (University of British Columbia)

Fotografias

Alex Macedo

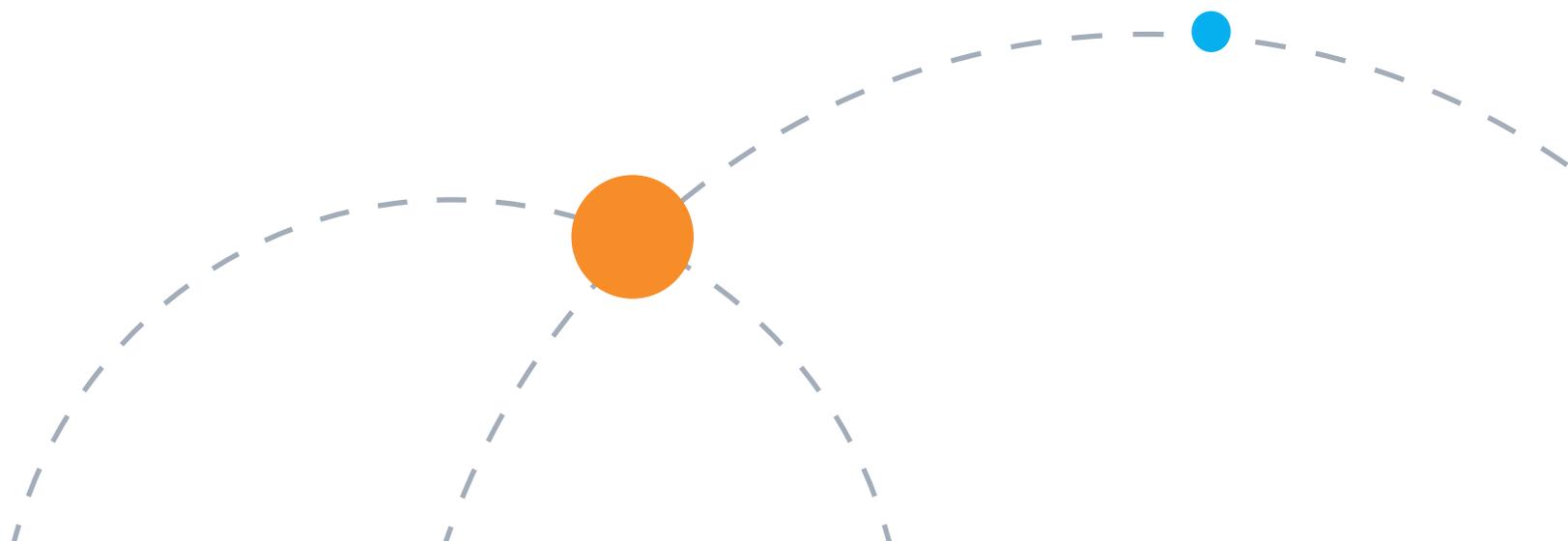
ASCOM/COOGAVEPE

NAP.Mineração/USP



SUMÁRIO

1. A Mineração Artesanal e em Pequena Escala (MAPE) no Brasil.....	1
2. Controle Ambiental.....	2
3. Os Impactos Ambientais da Mineração Artesanal e em Pequena Escala.....	8
4. Controle Ambiental na Mineração	12
5. O Mercúrio na Mineração Artesanal e em Pequena Escala.....	18
6. Fechamento de mina	20
Exemplos de recuperação de áreas degradadas.....	23
Fechamento de mina na Mineração Artesanal e em Pequena Escala de ouro.....	23
REFERÊNCIAS.....	26
SUGESTÕES DE LEITURA.....	28
LISTA DE SIGLAS	29





Este material faz parte de uma série de programas de capacitação e treinamento que incluem: governança para cooperativas na mineração, saúde, segurança e gerenciamento de riscos, meio ambiente e fechamento de mina e equidade de gênero.

O conteúdo foi elaborado com recursos do Projeto ASGM Co-existência no Brasil, coordenado pelo Núcleo de Pesquisa para a Pequena Mineração Responsável (NAP.Mineração) da Universidade de São Paulo, conta com financiamento do The Extractives Global Programmatic Support (EGPS) do Banco Mundial, referente ao EGPS 2 Emergency Response Window for Artisanal Mining Communities e, também, com a participação de diversos parceiros¹.

A intenção deste trabalho é apoiar as comunidades locais relacionadas com a Mineração Artesanal e em Pequena Escala (MAPE) nas respostas de curto e médio prazo à Covid-19, relacionadas com a educação, formação e capacitação. Todas as opiniões, pontos de vista e comentários expressos neste trabalho pertencem exclusivamente aos autores e não refletem, necessariamente, o Banco Mundial ou EGPS.

Copyright

Todos os dados e conteúdo escrito do presente relatório estão protegidos pela Licença Creative Commons Atribuição Não Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). Os leitores são livres para compartilhar e adaptar o material, mas devem fazer as devidas citações, fornecer um link para o material original e indicar se foram feitas alterações. O material publicado não pode ser utilizado para fins comerciais, nem de forma discriminatória, degradante ou distorcida.

¹OCB (Organização das Cooperativas Brasileiras), UBC (Norman B. Keevil Institute of Mining Engineering da University of British Columbia, Canada), UFV (Universidade Federal de Viçosa), Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto (COOGAVEPE) e Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros do Lourenço (COOGAL).



APRESENTAÇÃO

Nesta cartilha, você terá a oportunidade de compreender melhor a importância do controle ambiental na Mineração Artesanal e em Pequena Escala. Os impactos que uma mineração pode causar na comunidade ao redor de uma mina e para a própria mina podem ser muito significativos. Daí a importância de se reconhecer o controle ambiental como um conjunto de regras para minimizar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos decorrentes das atividades de mineração no meio ambiente.

Bons estudos!

Como usar este Programa de Capacitação e Treinamento

Os conceitos e metodologias apresentadas neste Programa de Capacitação e Treinamento são de livre utilização para desenvolvimento de materiais educativos, pedagógicos e de conscientização, bem como para realização e facilitação de treinamentos de curta e média duração por multiplicadores locais.



1. A MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA ESCALA (MAPE) NO BRASIL

Para começar, precisamos falar um pouco sobre o que é Mineração Artesanal e em Pequena Escala e qual é o atual cenário da MAPE no Brasil.

A MAPE é considerada um setor complexo e diversificado, que contempla uma gama de situações muito diferentes entre si, o que acaba dificultando sua definição. Entretanto, podemos elencar algumas características que podem ajudar a identificar esse tipo de atividade:

- Exploração de depósitos de pequeno porte;
- Baixo aporte de capital;
- Emprego de técnicas rudimentares de extração;
- Pouca tecnologia no processo produtivo;
- Trabalho intensivo em mão de obra;
- Dificuldade no acesso a mercados formais;
- Informalidade;
- Baixo nível de segurança e saúde ocupacional e altos impactos ambientais e sociais (OIT, 1999; HENTSCHEL et al. (2002); IGF, 2017; WORLD BANK, 2020).



LEMBRE-SE!

A atividade de mineração artesanal não se limita a essas características. Podemos encontrar mineração em pequena escala, em depósitos de média escala, ou com mais acesso ao mercado, por meio de cooperativas, por exemplo.

Para você ter uma ideia da dificuldade de se definir o que se enquadra como MAPE, de acordo com o **Fórum Intergovernamental sobre Mineração, Minerais Metais e Desenvolvimento Sustentável (IGF)**, o setor da Mineração Artesanal e em Pequena Escala é composto desde homens e mulheres, mineiros individuais informais, que usam a extração mineral como meio de subsistência, até entidades comerciais e formais que praticam a mineração em pequena escala e que produzem minerais de maneira responsável.

No Brasil, a Lei n.º 7.805, de 18 de julho de 1989, alterada pelo Decreto n.º 10.966/2022, define MAPE como a atividade de extração de substâncias minerais garimpáveis, nas formas listadas na mesma lei, incluindo o garimpo.

Estima-se que cerca de 861 mil trabalhadores conseguem seu sustento trabalhando com mineração no país. Para se ter uma ideia da importância da extração em pequena escala, em 2017, cerca de 88,2% das minas registradas e em operação no Brasil retiravam até 100 mil toneladas de minérios por ano, sendo, assim, consideradas de micro ou de pequeno porte (IBRAM, 2020).

Por isso é importante olhar para frente e discutir questões que possam contribuir com a evolução do trabalho da MAPE, visando o seu desenvolvimento e seu acesso a mercados formais.



IMPORTANTE!

Estima-se que a Mineração Artesanal e em Pequena Escala é um meio de subsistência para mais de 40 milhões de pessoas em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento

2. CONTROLE AMBIENTAL

Não é segredo para ninguém que tudo o que nós, seres humanos, fazemos influencia, direta ou indiretamente, o meio ambiente. Quando dirigimos, nossos veículos liberam gases que aumentam a temperatura na Terra. Quando cortamos árvores para aumentar os pastos para gado, mudamos o clima na floresta e forçamos os animais daquele local a saírem de lá.

Com a mineração não seria diferente, seja ela artesanal, de pequena ou de larga escala. O uso de mercúrio na retirada de ouro, as escavações para encontrar jazidas subterrâneas, até a construção das estruturas de apoio para o garimpo... tudo isso causa mudanças no ambiente.



Impactos ambientais (ruído, particulado e poluição da água) produzidos na mina

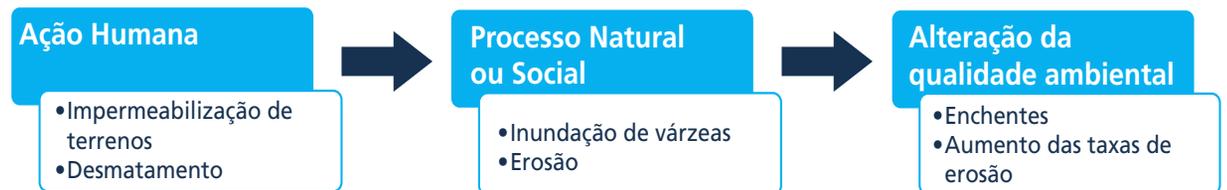
Fonte:Walle e Jennings, 2001.

Chamamos essa influência de **Impacto Ambiental**, que pode ser definido como a “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por uma ação humana”. Entre os principais impactos que causamos, podemos citar:

- Mudança na dinâmica do rio
- Retirada de moradores
- Supressão da vegetação
- Perda de abrigos para os animais
- Alagamento de terras agricultáveis
- Interrupção de rotas migratórias de peixes
- Geração de ruídos e poeira
- Aumento no trânsito de veículos pesados
- Criação de empregos
- Erosão

Fonte: Pereira e Brito, 2012; Sánchez, 2020.

A figura abaixo mostra como nós impactamos o ambiente, de forma natural ou por causa de nossa expansão como sociedade:



É aqui que entra o chamado Controle Ambiental. Ele nada mais é do que um conjunto de regras criado especialmente para fiscalizar os impactos ambientais negativos que a ação humana pode ter, visando corrigir ou reduzir as suas consequências.

Vamos conhecer alguns desses impactos e a forma como eles podem ser controlados?

Poluição

A poluição talvez seja o mais conhecido entre os impactos ambientais causados pelo ser humano, e com certeza você já ouviu falar dela. Mas você sabe dizer exatamente o que é?

Poluição é o lançamento, seja na água, no ar ou no solo, de substâncias nocivas ou de energias (como a nuclear, por exemplo) não naturais a um ambiente, em quantidade, concentração ou com características que possam tornar esse local impróprio ou nocivo à saúde, à fauna e à flora daquele local.

Assim, quando jogamos em um rio ou no solo grandes quantidades de rejeitos contaminados com mercúrio ou cianetos, por exemplo, estamos poluindo aquele local, criando condições que são nocivas (que prejudicam) aos animais e plantas que ali estão e às pessoas que vivem nos arredores. O mesmo acontece quando soltamos no ar vapor de mercúrio sem o uso de filtros.

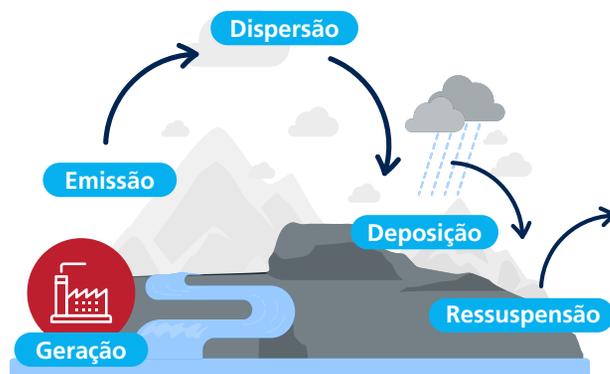
A **Poluição Atmosférica** ou poluição do ar acontece quando liberamos gases tóxicos, fuligem, poeira e outras substâncias que, em grande quantidade, podem ser nocivos ao ambiente. No caso da MAPE de ouro, os mineiros costumam estar expostos por um longo tempo ao vapor de mercúrio e à poeira das escavações. Além disso, a fumaça emitida por tratores e caminhões e o vapor do diesel utilizado em geradores e máquinas pesadas afetam a qualidade do ar.

Influenciam nesse ponto também fatores como as condições climáticas, o relevo e as propriedades químicas e físicas do poluente. Por exemplo: se uma grande quantidade de pó fino for jogada no ar, mas o espaço for aberto, sem montanhas à volta, e houver muito vento, essa poeira irá se espalhar com maior velocidade, reduzindo seu impacto. Além disso, é preciso considerar se esse poluente se depositará no solo ou em rios e lagos, causando outros tipos de contaminação.

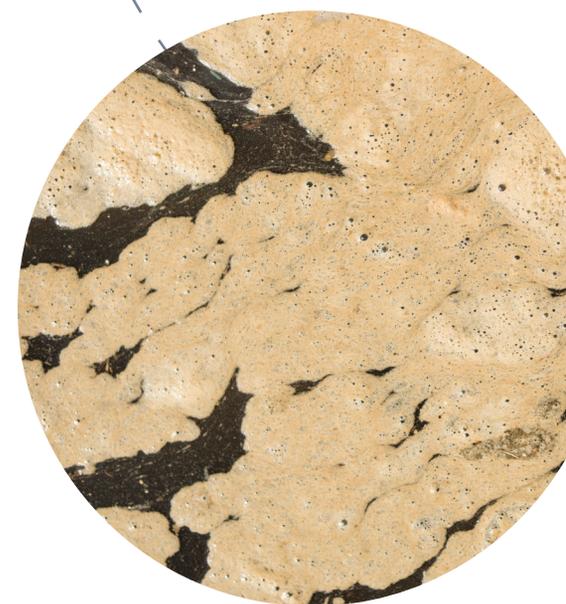


VEJA ISSO:

Veja na imagem abaixo as cinco fases da poluição atmosférica:



Fonte: Eston et al., 2017.





Quando as pessoas são expostas a poluentes atmosféricos em determinadas concentrações, dependendo do tempo de exposição, há maior probabilidade de se contrair sérios problemas de saúde. Os efeitos podem incluir diversas doenças que afetam principalmente o sistema respiratório, podendo provocar ou agravar doenças crônicas, tais como a asma, bronquite, infecções nos pulmões, enfisema pulmonar, doenças do coração e câncer de pulmão, além de afetar os sistemas imunológico, nervoso e reprodutivo. Os odores são responsáveis por efeitos psicológicos importantes. Os poluentes atmosféricos nas suas variadas formas (em suspensão, depositados no solo ou nos corpos d'água) provocam vários impactos no meio ambiente.

Os animais também são afetados por esse tipo de poluição de uma forma similar. A vegetação, por sua vez, não consegue escapar, sendo diretamente afetada pela deposição de poluentes nas folhas, o que impede seu desenvolvimento, e pela ocorrência de chuvas ácidas. Além disso, essas substâncias podem ser absorvidas pelo solo, reduzindo sua capacidade de nutrição das plantas e, por consequência, sua produtividade.



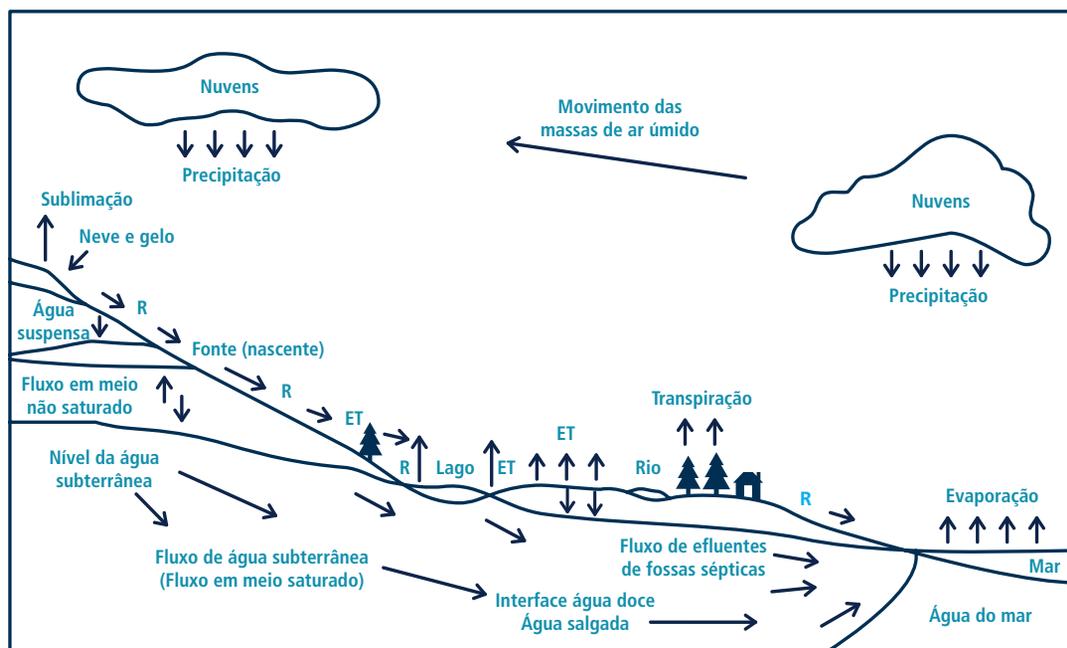
ATENÇÃO!

Outro resultado não desejado da poluição atmosférica é a ocorrência do chamado **Efeito Estufa**, em que o acúmulo de poluentes faz com que o calor fique retido dentro de uma determinada área ou região.

No caso da Poluição da Água, o processo é semelhante. Antes considerado um bem inesgotável, hoje sabemos que esse recurso é finito e bastante vulnerável e que, por causa disso, precisa ser tratado com muito respeito. Uma vez que uma boa parte dos seres vivos precisa de água doce para sobreviver, é preciso reconhecer que precisamos de um desenvolvimento sustentável (ESTON et al., 2017).

Segundo a World Commission on Environment and Development (WCED), Desenvolvimento Sustentável é "atender às necessidades do presente sem prejudicar a capacidade de atender às necessidades do futuro". O desenvolvimento sustentável deve estar baseado em três vertentes: utilização consciente dos recursos naturais, equidade social e desenvolvimento econômico.

A poluição não afeta as águas apenas quando jogamos rejeitos diretamente em leitos de rios e lagos, por exemplo. Ela também acontece quando depositamos lixo e substâncias tóxicas no solo ou quando soltamos gases poluentes no ar. Para entender melhor como isso acontece, veja abaixo o que chamamos de Ciclo das Águas:



Representação esquemática do ciclo hidrológico. E = evaporação; ET = evapotranspiração; I = Infiltração; R = escoamento superficial (deflúvio) (Manoel Filho, 1997b).

Fonte: Oliveira e Luz, 2001.

Como você pode ver, a água da chuva é capaz de carregar partículas do ar até o solo, contaminando-o. Além disso, essa água desce para reservatórios subterrâneos ou corre para rios e lagos e para o mar, causando sua contaminação com o que foi depositado no solo. São inúmeros os exemplos dos resultados da ação do homem: despejos de efluentes industriais ou domésticos; contaminação do solo por defensivos agrícolas, resíduos sólidos urbanos e industriais; desmatamento, vazamento de combustíveis e outros produtos em embarcações e muitos outros (ESTON et. al., 2017). A figura abaixo mostra como a atividade de mineração pode impactar na qualidade da água perto das áreas de mina.

A presença de certas substâncias pode trazer sérias consequências à saúde dos trabalhadores, da população ao redor de uma atividade e também dos seres nesses ambientes. Temos o caso dos metais pesados: altamente reativos e bioacumuláveis (os organismos não são capazes de eliminá-los). Como exemplo, podemos citar o arsênio, que provoca problemas nos sistemas respiratório, cardiovascular e nervoso. O chumbo afeta o sistema nervoso, a medula óssea e os rins.





Fonte: Bomfim, 2017.

Vamos falar agora de como o ser humano afeta o solo. A primeiro impacto é o depósito de **Resíduos Sólidos**. Várias de nossas atividades consomem recursos naturais e geram lixo ou outros rejeitos. O problema ocorre quando eles são despejados ou descartados da forma errada, sem serem destinados para reciclagem ou tratamento. Esse descarte pode ter consequências negativas para a vida na região de um modo geral, inclusive das pessoas que ali vivem.

Resíduo sólido é aquele no estado sólido ou semissólido, que resulta das atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004).

Os resíduos sólidos são normalmente classificados de acordo com sua origem e natureza. Veja alguns deles:

- Resíduos domiciliares
- Resíduos de indústrias e de estabelecimentos de comércio e serviços
- Resíduos de limpeza pública
- Resíduos de serviços de saúde (RSS)
- Resíduos de portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários
- Resíduos industriais
- Resíduos das atividades agropecuárias
- Resíduos da construção civil (entulhos)
- Lodos de estações de tratamento de água e de esgotos
- Resíduos radioativos

Outro impacto importante da ação humana é a Erosão, que acontece quando a camada superficial do solo se desloca. Essa é uma das formas mais comuns de degradação do solo. Apesar de ser um processo natural, causado pela ação da água e do vento, quando retiramos a proteção natural da terra, como a vegetação, ou quando há um aumento no volume de chuvas ou vento na topografia da região, isso acelera o processo, causando danos ao meio ambiente. Assim, a degradação visual da paisagem é o impacto mais característico da mineração, uma vez que as lavras a céu aberto e as atividades de garimpo provocam a alteração inevitável da topografia do terreno.

Processos da erosão: desagregação, transporte e deposição

Fonte: Pes e Giacomini, 2017.



Por fim, temos o que chamamos de **Ruído Ambiental**. Ele acontece quando um som ou conjunto de sons, provocado ou não pela ação humana, gera um incômodo que afeta o desempenho de um indivíduo em suas atividades. Quando esses ruídos ultrapassam certos limites, normalmente definidos por lei ou convenção, são chamados de **Poluição Sonora**.

O problema com relação ao ruído ambiental é que o incômodo pode variar de pessoa para pessoa. Tem gente que suporta sons mais altos; outros, apenas ruídos mais baixos. Há também quem aguente por mais tempo, enquanto outras pessoas não suportam quando há uma obra por perto, com dias seguidos de barulho o dia inteiro. Por isso existe a preocupação em proteger as pessoas por meio de um limite no qual se acredita que a maioria das pessoas possa estar protegida.



3. OS IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA ESCALA

A atividade de mineração pode causar problemas ambientais como poluição da água, poluição do ar, poluição sonora e subsidência do terreno (FARIAS, 2002).



Fonte: Zumarán Farfan et. al., 2004.

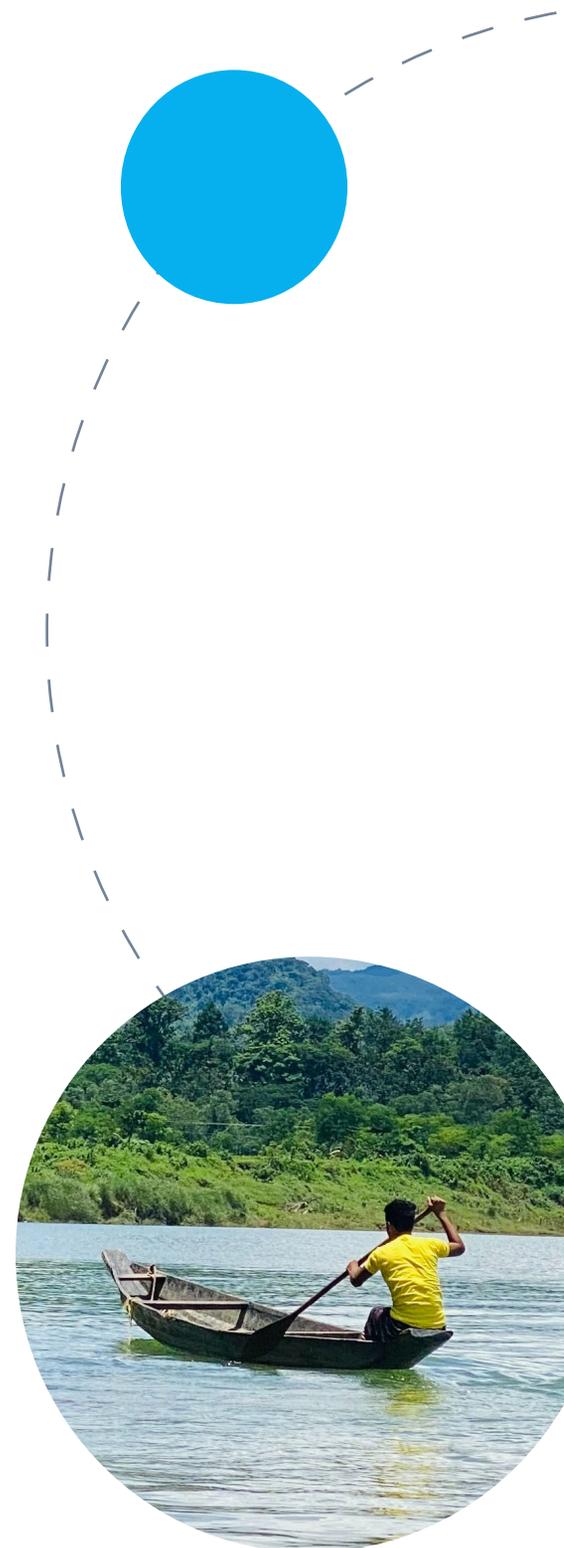
Em geral, a mineração provoca um conjunto de efeitos colaterais como alterações ambientais, conflitos de uso do solo, depreciação de imóveis próximos, geração de áreas degradadas e transtornos ao tráfego urbano. Tais efeitos podem gerar conflitos com a comunidade, pois muitas vezes o empreendimento não se informa sobre as expectativas, anseios e preocupações de quem vive nas suas proximidades (FARIAS, 2002). Na figura abaixo, resumimos os principais impactos desse tipo de atividade. No caso específico da mineração de ouro no Brasil, podemos listar como principais impactos ambientais:

- Desmatamentos e queimadas;
- Alteração nos aspectos qualitativos e no regime hidrológico dos cursos de água;
- Queima de mercúrio metálico ao ar livre;
- Desencadeamento de processos erosivos;

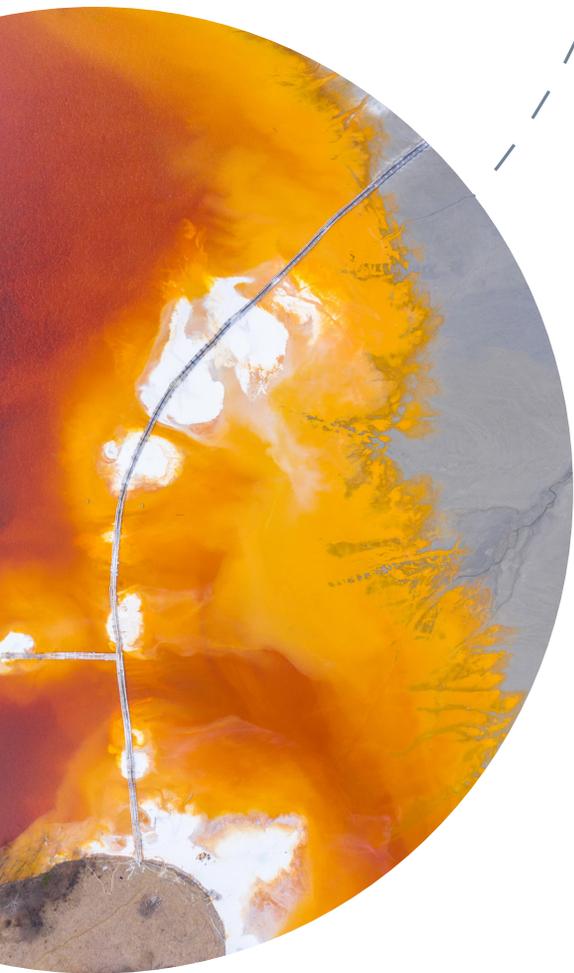
- Mortalidade da ictiofauna (espécies que vivem nas águas);
- Fuga de animais silvestres;
- Poluição química provocada pelo mercúrio metálico na hidrosfera, biosfera e na atmosfera.

A água é um dos principais recursos utilizados na mineração, seja na lavra, nas barragens ou até como meio de transporte do minério. Veja na figura¹ alguns desses usos:

PROCESSO	Breve descrição
LAVRA	<ul style="list-style-type: none"> • Desmonte hidráulico • Aspersão de pistas e praças para controle de emissão de poeira. • Lavagem dos equipamentos. • Transporte de materiais.
BARRAGENS	<p>As barragens de contenção de sedimentos: estruturas construídas com o objetivo de conter sedimentos carreados em períodos de chuva, garantindo a qualidade do efluente final.</p> <p>As barragens de rejeitos: bacia de acumulação dos rejeitos gerados nas instalações de beneficiamento de minério e a acumulação da água a ser reutilizada no processo industrial.</p>
PILHA DE ESTÉRIL	Pilhas de estéril podem causar interferência do escoamento superficial, que pode vir a gerar, dependendo do tamanho e da forma, pequenos desvios de água.
REBAIXAMENTO DO NÍVEL DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	Exploração das águas subterrâneas para a viabilização da lavra a céu aberto ou subterrânea.
PROCESSAMENTO MINERAL	<p>Processo de flotação: processo físico-químico de superfície, usado na separação de minerais, que dá origem à formação de um agregado, partícula mineral e bolha de ar, o qual, em meio aquoso, flutua sob a forma de espuma. A composição química da água constitui um parâmetro de controle da flotação.</p> <p>Processo de lavagem: etapas do tratamento de minérios que demandam utilização de elevados volumes de água para a limpeza do minério.</p> <p>Concentração gravítica: processo de separação que utiliza a proporção sólido/água para análise detalhada do balanço da água, bem como da densidade ótima de polpa para cada operação.</p> <p>Processos hidrometalúrgicos: processos onde há reações de dissolução do metal de interesse em meio ácido ou dissolução em meio alcalino.</p>
ÁGUA COMO MEIO DE TRANSPORTE	<p>A água é o meio de transporte mais utilizado no processamento mineral. Assim, é usado intensamente como meio de transporte nas mais variadas operações, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • na lavra, como desmonte hidráulico; • na lavagem de minérios e nos processos e nos processos de concentração a úmido.



¹ Fonte: Ramos, 2017



Por isso mesmo, a poluição das águas é uma questão que deve ser avaliada com cuidado. Existem diversos contaminantes na área de mineração, como óleos, graxas e combustíveis que, se derramados em rios e lagos ou no solo, podem contaminar as fontes de água potável da região.

Dependendo da atividade e da localização, os corpos d'água podem ser contaminados com sedimentos de fundo que contenham metais pesados e compostos orgânicos. A dragagem movimentada o sedimento do fundo, que, em contato com a água, favorece reações químicas e biológicas, alterando algumas propriedades – como a quantidade de oxigênio dissolvido ou mesmo o aumento da concentração de sólidos dissolvidos, que podem ser tóxicos para a vida aquática (RAMOS, 2017).

No caso do tratamento de minérios, a maior parte das operações de tratamento são processos físicos ou químicos conduzidos a úmido, e as frações descartadas estão misturadas à água. Esses rejeitos contêm grandes quantidades de partículas sólidas, algumas sedimentáveis, além de reagentes utilizados nos processos e metais e outras substâncias provenientes do minério; por isso, o seu lançamento diretamente em rios e lagos não é permitido.

Mesmo que pareça menos importante, há ainda a contaminação pelo derramamento de esgotos gerados tanto pelas residências quanto pelas dependências da operação. Dependendo das condições de saneamento do local, esse derramamento pode ser em volume suficiente para contaminar a água.

Outra questão importante é o aumento dos chamados sólidos sedimentáveis, gerados pela erosão do solo devido às chuvas e ventos. Além de levar contaminantes que estejam nesse solo, o aumento de sedimentos pode aumentar a acidez da água (drenagem ácida) e gerar barreiramentos. A mineração de ouro pode produzir também rejeitos ricos em arsênio, sendo este um dos seus impactos mais expressivos.

Com relação à poluição atmosférica, a maior preocupação está relacionada ao material particulado, ou seja, qualquer material lançado no ar proveniente das atividades de mineração, como, por exemplo, óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx), compostos orgânicos voláteis (VOC) e o monóxido de carbono (CO).

Na mineração, é produzido material estéril a partir do decapeamento, na fase de lavra, assim como rejeito, após o processamento mineral.

Devem ser definidos os locais para armazenamento e destinação final adequados, a fim de evitar danos ao meio ambiente (RAMOS, 2017). Do mesmo modo, devem ser definidas áreas de estocagem do material produzido após extração e processamento mineral. Além dessas fontes de material particulado, a geração de poeira na mineração está associada



ATENÇÃO!

Qualquer que seja o porte da mineração, sempre pode haver o impacto da erosão, pois existe a necessidade da retirada da cobertura vegetal para as diversas operações de lavra, deixando o solo exposto, o que aumenta o risco de assoreamento de rios, lagos e outros corpos e a contaminação por elementos tóxicos. O impacto visual, tornando a paisagem diferente do que havia originalmente no local, também é uma das preocupações para todas as minerações.

Deve-se considerar ainda a presença de comunidades no entorno de uma mina, independentemente do seu porte. Assim, impactos como ruídos oriundos dos equipamentos e os efeitos do desmonte de rocha por explosivos (lançamentos, vibração e sopro de ar) também podem ser significativos.

a vários processos, incluindo a perfuração, o desmonte das rochas, o beneficiamento, a abertura das cavas e vias de acesso, o transporte e carregamento de minérios, a movimentação de máquinas e equipamentos em vias não pavimentadas e o uso de motores e compressores em geral movidos a combustão de hidrocarbonetos.

4. CONTROLE AMBIENTAL NA MINERAÇÃO

Agora que sabemos que tipo de danos a mineração pode causar ao meio ambiente, precisamos falar sobre como podemos reduzir esses danos. Vamos começar falando das ações de controle da poluição das águas.

Esse controle trata de ações para impedir que a atividade de extração cause alterações que tornem a água imprópria para um determinado uso. Sabemos que é difícil evitar totalmente qualquer contaminação. A regra aqui é não devolver a água utilizada ao corpo d'água original em uma qualidade inferior à original. Por isso, o objetivo é tomar as medidas necessárias para manter a qualidade da água em todos os rios e lagos próximos em níveis adequados. Entre essas medidas, encontram-se:





- Rede de pontos de amostragem;
- Definição de parâmetros e periodicidade;
- Coleta, armazenamento e transporte de amostras, para análise em laboratório;
- Tratamento dos dados e divulgação das informações.

Além disso, é possível aplicar processos de tratamento que visam eliminar as substâncias ou compostos indesejáveis. Cada poluente exige um tipo específico de tratamento, como vemos no quadro abaixo:

MINERAÇÃO E POLUIÇÃO DA ÁGUA		
Poluente	Origem	Controle
Orgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Estações sanitárias • Oficinas mecânicas • Vilas residenciais • Refeitórios 	<ul style="list-style-type: none"> • Fossas sépticas • Estação de tratamento de esgoto
Sais	<ul style="list-style-type: none"> • Minério • Estéril • Rejeito • Reagente 	<ul style="list-style-type: none"> • Correção de pH • Precipitação seletiva
Cianetos	Lixiviação de minério de ouro	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidação • Degradação natural
Metais	<ul style="list-style-type: none"> • Minério • Estéril 	<ul style="list-style-type: none"> • Precipitação e filtração • Precipitação e flotação • Sequestro em leitos
Partículas sólidas	<ul style="list-style-type: none"> • Drenagem • Erosão • Efluente do beneficiamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de drenagem • Bacia de decantação • Adição de substância coagulante • Clarificação
Ácidos	Minérios sulfetados	<ul style="list-style-type: none"> • Neutralização • Pântanos artificiais
Álcalis	<ul style="list-style-type: none"> • Rochas carbonáticas • Reagentes básicos 	Correção de pH

Os métodos de tratamento podem ser físicos, como os usados para remover resíduos sólidos – como cavacos de madeira e areia – ou líquidos que não se misturam com a água, como óleos e graxas. Há também os métodos químicos e físico-químicos, que são utilizados para alterar outras características da água, como cor e odor. Eles neutralizam despejos ácidos, utilizando calcário, carbonato de sódio ou amônia, ou básicos, com o uso de ácido sulfúrico e enxofre, por exemplo.

Outra forma de mitigar a poluição das águas está no próprio projeto da mina, uma vez que seu desenho e localização devem levar em consideração seu impacto sobre os seguintes fatores:

- Movimento regional das águas superficiais e subterrâneas;
- Entrada de água subterrânea na mina e contato subsequente com poluentes relacionados à mineração;
- Recarga de águas superficiais e recarga relacionada à precipitação;
- Aumentos na interação das águas superficiais e subterrâneas com os trabalhos da mina devido à subsidência;
- Perda de características da superfície, como lagos, por meio da subsidência;
- Caminhos para o fluxo pós-fechamento resultante de anúncios, eixos e design geral da mina;
- Geoquímica operacional e de pós-fechamento e mobilidade tóxica resultante;
- Água como um todo do local e balanço de massa.

No caso da **poluição atmosférica**, é necessário usar ações tanto indiretas, pensando, por exemplo, no planejamento dos assentamentos de núcleos urbanos e industriais, quanto diretas, estas sobre as fontes de emissão. Mas, como definir o que é uma ação indireta ou direta?

- **Medidas indiretas:** ações que visem à eliminação, redução, diluição, segregação ou afastamento dos poluentes (pós-lançamento).
- **Medidas diretas:** ações que visem reduzir a quantidade dos poluentes lançados na atmosfera por intermédio da instalação de equipamentos de controle (pré-lançamento). (ESTON et. al., 2017)

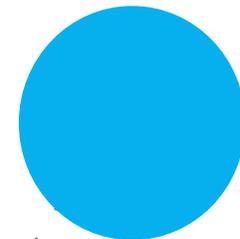
Veja abaixo algumas das medidas que podem ser utilizadas tanto na prevenção quanto na correção das emissões de poluentes atmosféricos.

a. Planejamento urbano e medidas correlatas

- Melhor distribuição espacial das fontes;
- Aumento da distância fonte-receptor;
- Locar fontes a jusante da direção predominante dos ventos em relação a áreas residenciais;
- Melhoria do sistema viário.

b. Diluição por meio de chaminés altas

- Redução da concentração do poluente ao nível do solo, sem a redução da quantidade emitida;
- Eficácia dependente da distribuição espacial das fontes, condições meteorológicas e topográficas da região;
- Medida adicional (após controle da emissão na fonte).





c. Medidas para impedir a geração do poluente

- Substituição de combustíveis, matérias-primas e reagentes do processo;
- Mudança ou alteração de equipamentos e processos.

d. Medidas para reduzir a geração do poluente

- Operar equipamentos dentro de sua capacidade nominal (caldeiras, fornos e veículos);
- Armazenar adequadamente materiais pulverulentos e/ou fragmentados (evitar ação dos ventos);
- Utilizar processos, equipamentos, operações, matérias-primas, reagentes e combustíveis de menor potencial poluidor.

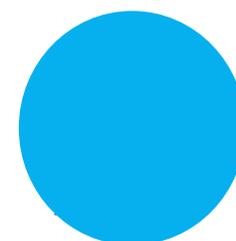
e. Planejamento de ações a serem tomadas

- Estabelecimento de limites de qualidade do ar ambiente;
- Definição de normas de emissão;
- Licenciamento das fontes poluidoras;
- Utilização de equipamento de redução de emissões (por exemplo, os catalisadores nos automóveis e a utilização de equipamento de despoluição de efluentes gasosos nas indústrias);
- Controle dos locais de deposição de resíduos sólidos, impedindo os incêndios espontâneos e a queima de resíduos perigosos;
- Utilização de redes de monitoramento da qualidade do ar;
- Incentivo ao reflorestamento;
- Estabelecimento de planos de emergência para situações de poluição atmosférica graves;
- Criação de serviços de informação e de auxílio às populações sujeitas ou afetadas pela poluição atmosférica;
- Incentivo à utilização de novas tecnologias (mais limpas).

Quando falamos em **resíduos sólidos**, podemos classificar aqueles produzidos pela atividade de mineração como resíduo **estéril**, resultado da extração, e **rejeito**, produzido no beneficiamento ou tratamento do minério. Resíduos estéreis não têm valor econômico e são normalmente descartados em pilhas. Já os rejeitos podem ser depositados em reservatórios construídos sob a forma de diques de contenção ou barragens. Esses sistemas podem ser constituídos de solo natural ou dos próprios rejeitos. Na atividade de gestão em depósitos de estéril, verifica-se que, assim como nos projetos de barragens de rejeitos, os requisitos legais e normativos estabelecidos contribuem para a adoção de critérios técnicos de segurança e de prevenção de riscos e impactos ambientais nos projetos dos depósitos de estéril.

No quadro abaixo², podemos ver algumas possibilidades de reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados em uma mina.

Poluente	Origem	Controle
Resíduos de Minas	Resíduos de rochas	Recursos de minerais e metais
		Recheio para vazios abertos
		Material para paisagismo
		Capa de material para repositórios de lixo
		Substrato para revegetação em locais da mina
		Agregado em terraplanagem, pavimentação e construção civil
		Material de alimentação para cimento e concreto
	Resíduos de águas	Aplicações de supressão de poeira e processamento de minerais
		Recuperação de metais das águas AMD
		Água potável
		Uso industrial e agrícola
		Refrigerante ou agente de aquecimento
	Drenagem de Minas	Geração de eletricidade usando tecnologia de célula de combustível
		Extração de óxidos térricos hidratados para pigmentos de tinta
		Extração de Mn. para esmaltes de cerâmica
Resíduos Processamento	Rejeitos	Floculante/adsorvente para remover fosfato de esgoto e efluentes agrícolas
		Reprocessamento para extrair minerais metais
		Redução de resíduos através da extração direcionada de minerais valiosos durante o processamento
		Rejeitos ricos em areia misturados com cimento utilizado como enchimento em minas subterrâneas
		Resíduos ricos em argila como uma alteração aos solos arenosos e para a fabricação de tijolos, cimento, pavimentos, sanitários e porcelanas
		Resíduos ricos em Mn. utilizados em agro-silvicultura, materiais de construção, revestimentos, produtos de resina fundida, vidro, cerâmica e esmaltes
		Rejeitos de bauxita como fontes de alumínio
		Restos de Cu-ricos como extensores para tintas
		Lâminas ricos em Fe misturados como cinzas volantes e lamas de esgoto como cerâmica leve
		Recuperação de energia a partir de misturas de rejeitos de carvão e compostagem
Resíduos ricos em fosfatos para a extração de ácido fosfórico		



Por último, precisamos pensar em como reduzir os impactos do ruído e da

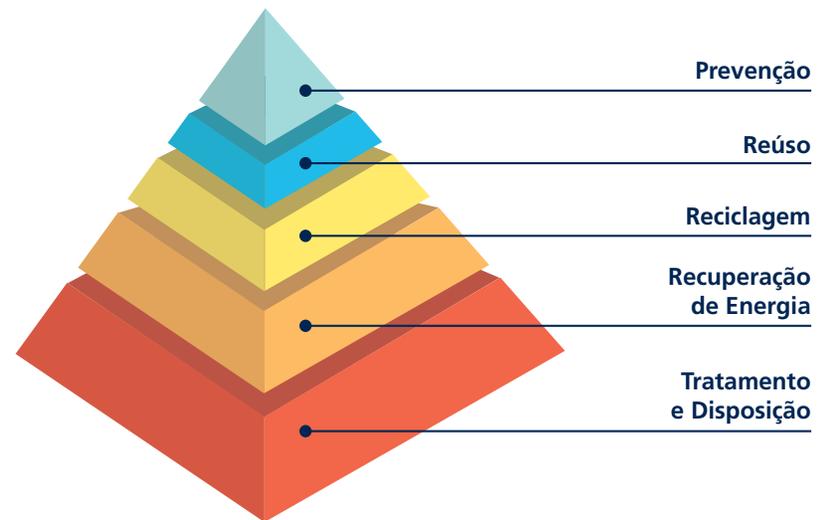
² Fonte: Lottermoser, 2011; Bomfim, 2017.



Opção mais favorável



Opção menos favorável



Fonte: Lottermoser, 2011; Bomfim, 2017.

vibração gerados pela mineração. No caso específico do ruído, deve-se fazer um levantamento das fontes de ruído (equipamentos, processos), bem como fazer a caracterização do trajeto (topografia, barreiras) e da distância a ser percorrida. Monitore o ruído levando em consideração a legislação vigente e tome as medidas necessárias para mantê-lo dentro do permitido e tolerável.

Para reduzir os impactos da vibração, principalmente aquela causada pelo desmonte por explosivos, é preciso um bom planejamento e a execução apropriada do plano de fogo. Uso de tampões adequados, conhecimento dos materiais e dos explosivos e acessórios, uso de cargas menores e uso de proteções para evitar ultralanchamentos são medidas de controle bastante eficientes na maior parte dos casos.

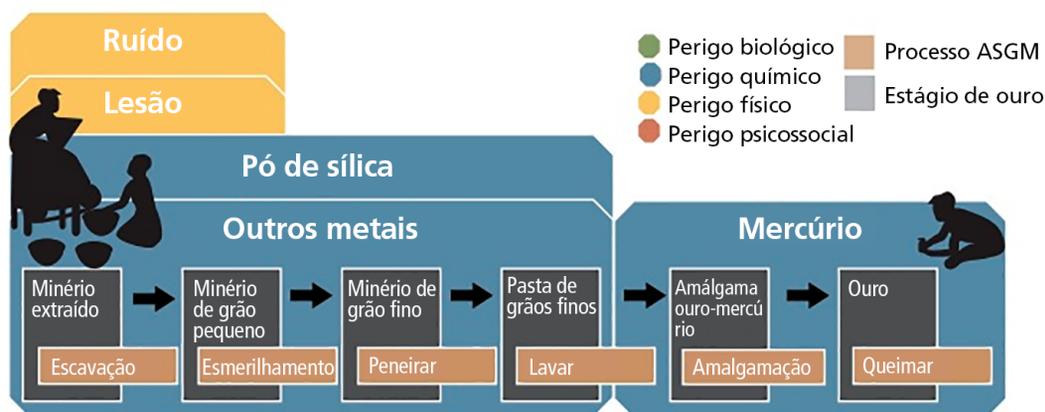
Para evitar ruídos decorrentes dos equipamentos de beneficiamento, deve-se aproveitar ao máximo os obstáculos naturais ou então criar barreiras artificiais, colocando o estoque de material beneficiado ou a ser tratado entre as instalações e as zonas a proteger. O tráfego intenso de veículos pesados, carregados de minério, também pode causar uma série de transtornos à comunidade, especialmente naquela situação mais próxima às áreas de mineração, como: poeira, emissão de ruídos e frequente deterioração do sistema viário da região.

Sob o ponto de vista da gestão, seria interessante pensar em uma ação conjunta no controle das exposições a vários agentes dentro da mina e a sua influência na exposição das comunidades ao redor da mina.

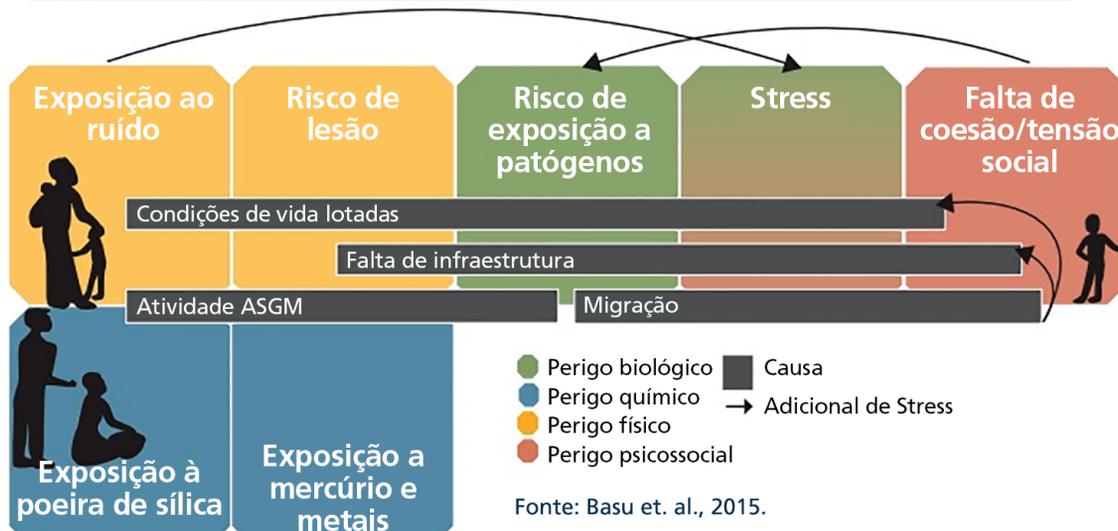
Embora o uso de EPIs possa ser tentador, pode-se avaliar a proposição de medidas administrativas e de engenharia para a proteção coletiva dos trabalhadores. Assim, as medidas mitigadoras – como uso de barreiras para o ruído, aspersão de água para o abatimento da poeira, reúso da água – e outras medidas de controle acabam por beneficiar não somente os trabalhadores, mas também toda a população do entorno.

Sugestão de integração entre as medidas de controle ambiental e ocupacional

Riscos de saúde ocupacional



Riscos para a saúde comunitária



5. O MERCÚRIO NA MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA



ESCALA

A literatura atual aponta que muitos dos problemas sociais, econômicos, legais e técnicos enfrentados pelo setor da MAPE de ouro estão direta ou indiretamente relacionados ao uso de mercúrio.

Todo mineiro e mineira sabe a dificuldade que se enfrenta para separar os pequenos (e muitas vezes minúsculos) grãos de ouro de outros materiais e sedimentos dragados, seja em rios ou em terra escavada. Mesmo depois de passar por diversos processos para que os metais, mais pesados que a areia e o cascalho, se assentem, ainda sobram partículas que precisam ser removidas – e é aí que entra o mercúrio(Hg).



VEJA ISSO:

A mineração artesanal e em pequena escala de ouro é a maior fonte global de poluição por mercúrio, com uma estimativa de 2 mil toneladas de mercúrio perdidas para o meio ambiente por ano.

Fonte: UNEP, 2019.

Entre suas muitas propriedades, esse metal líquido se junta ao ouro, formando o que chamamos de **amálgama** (quer dizer mistura, união, liga). Essa mistura acaba unindo os grãos de ouro, o que facilita sua separação. Como o mercúrio derrete a temperaturas mais baixas, sua remoção do amálgama é fácil, sobrando apenas o tão desejado metal dourado. O mercúrio é o único metal conhecido que fica líquido em temperatura ambiente. Seu ponto de fusão, ou seja, a temperatura em que fica sólido é de $-38,87^{\circ}\text{C}$!



LEMBRE-SE!

Nosso país está habilitado a desenvolver e implementar seu Plano de Ação Nacional para a Mineração Artesanal e em Pequena Escala de Ouro (PAN) para o Brasil, em conformidade com as diretrizes do Anexo C da Convenção de Minamata.

A Convenção Internacional de Minamata foi assinada pelo Brasil e por outros 128 países. O objetivo desse tratado é impor restrições ao uso de mercúrio a fim de reduzir emissões desse elemento em todos os segmentos, para a proteção da saúde humana e do meio ambiente.

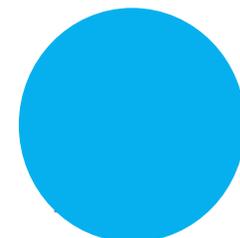
Só que o uso do mercúrio também causa muitos problemas. Entre eles está o fato de que os sedimentos (resíduos, restos) descartados durante o processo saem contaminados por esse metal e, quando absorvidos por plantas e animais, tornam-se muito nocivos à saúde da população. Além disso, o vapor do mercúrio inalado por mineiros, beneficiadores, compradores e vendedores de ouro é muito tóxico, causando problemas sérios de saúde.

Por isso é tão importante que se invista na redução, no uso das chamadas melhores práticas ou até mesmo na eliminação total do mercúrio. No próximo item, vamos apresentar um treinamento sobre como tornar a produção mais efetiva e investir na proteção do meio ambiente, da comunidade e dos trabalhadores das minas.

O ciclo de vida de uma jazida e a participação da recuperação ambiental no fechamento da mina



Fonte: IBRAM, 2013; Ramos, 2017.



6. FECHAMENTO DE MINA

O setor de mineração tem avançado de forma considerável nos últimos anos em termos de gestão ambiental, apesar de ainda encontrar certa resistência por parte da sociedade. A figura abaixo apresenta as diversas fases de um empreendimento mineral, com a indicação de uma fase de recuperação ambiental.

Podemos dizer, de forma simples e objetiva, que as principais técnicas utilizadas pelas mineradoras para o controle e a preservação ambiental estão associadas à disposição e contenção dos rejeitos do processamento, à recuperação de áreas mineradas, à reutilização da maior parte da água



ATENÇÃO!

A partir das atividades de desmontagem e demolição, são gerados grandes volumes de resíduos sólidos de construção civil, tais como restos de concreto, vigas, postes, material plástico e metálico, borracha, material contaminado com óleo e substâncias químicas diversas, entre uma série de elementos que compõem cada estrutura que operou em favor do empreendimento (PEIXOTO, 2012).

utilizada nos processos, às ações de educação ambiental e de conscientização frente às comunidades, e finalmente ao plantio de árvores e preservação de áreas permanentes (IBRAM, 2013; RAMOS, 2017).

A análise feita durante a fase de desativação é muito semelhante à que é feita quando abrimos uma mina, tendo em vista que, no momento do fechamento, basta pensar no sentido contrário ao da implantação, ou seja, não se constrói mais, tudo é desmontado e/ou demolido dependendo de qual cenário de fechamento será adotado para aquele determinado empreendimento mineral.

Fazer um planejamento ambiental significa definir, de forma antecipada, como usar de forma sustentável e racional um recurso natural, levando em consideração principalmente o fator ambiental na tomada de decisão por meio de um programa ambiental. O fechamento de mina implica a obrigação daquele que explorar os recursos minerais de se responsabilizar pela recuperação dos danos ambientais causados pela atividade de mineração. Trata-se, portanto, da obrigação de recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma de lei. Assim, o fechamento de uma mina significa



que o minerador tem a obrigação de aplicar o plano de recuperação de área degradada pela atividade de mineração aprovado pelo órgão ambiental competente, que contempla o uso futuro da área de influência da mina, após o seu fechamento (FARIAS, 2002).

A ideia é obter uma boa percepção pública do que está ocorrendo e/ou ocorrerá. Assim, no futuro, com o fechamento da mina, será necessário um trabalho estruturado para o planejamento, monitoramento e a consolidação das ações de recuperação ambiental.

Exemplos de recuperação de áreas degradadas



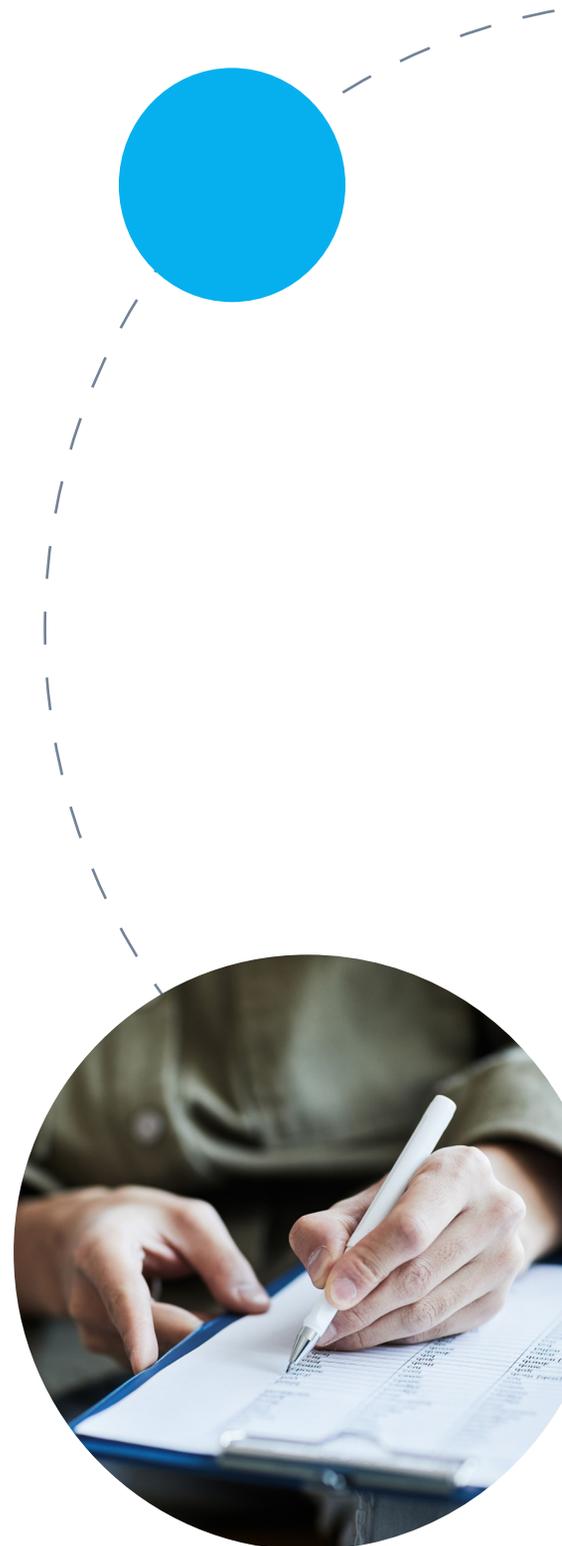
Projeto de piscicultura em antigas cavas de garimpo de ouro em Peixoto de Azevedo, Mato Grosso

Fonte: COOGAVEPE



Recuperação de área degradada em Peixoto de Azevedo, Mato Grosso

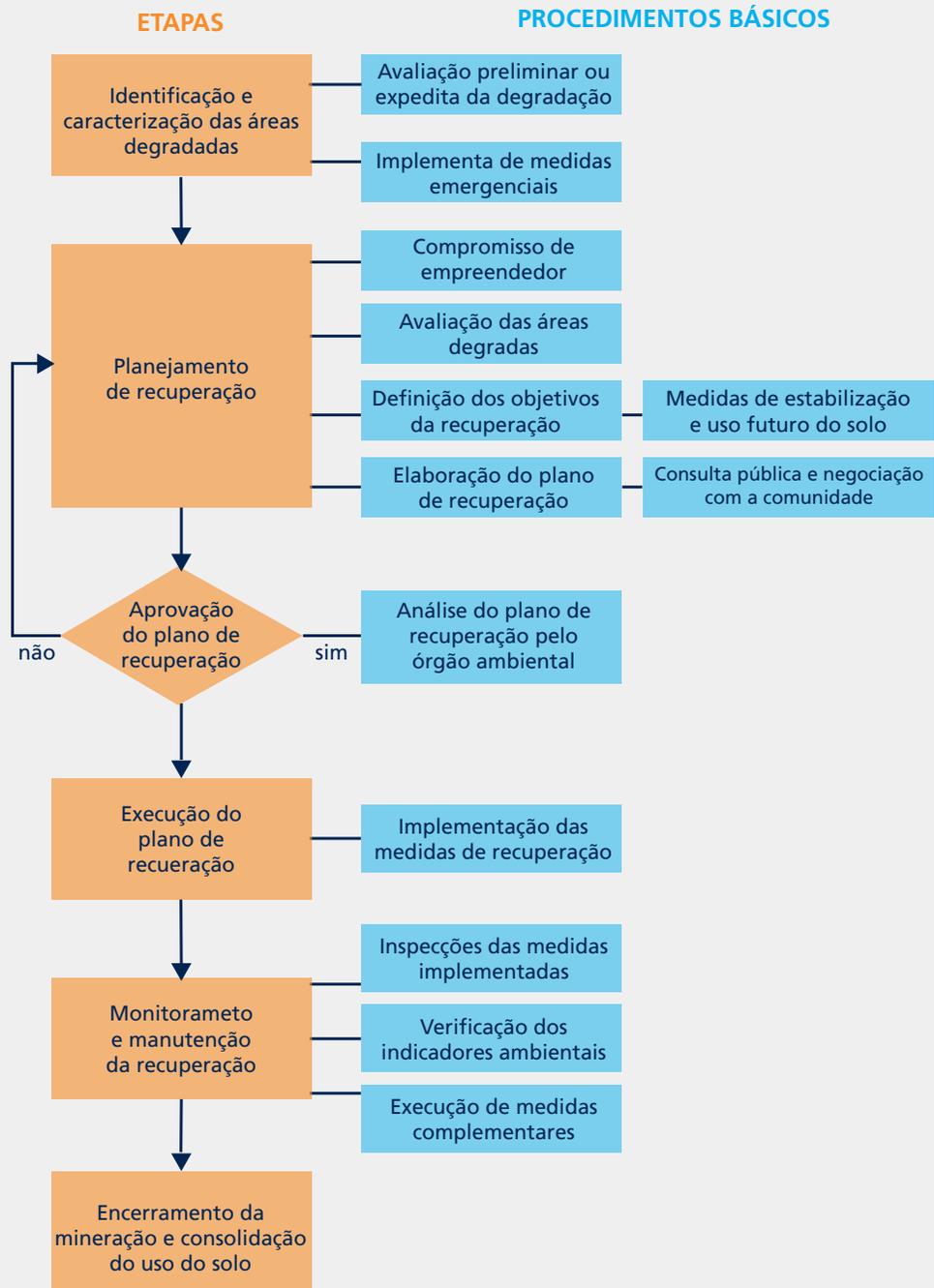
Fonte: COOGAVEPE





ETAPAS E PROCEDIMENTO BÁSICOS PARA A RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Fonte: Chaves Neto, 2013.



Fechamento de mina na Mineração Artesanal e em Pequena Escala de ouro

O processo de fechamento de mina na MAPE de ouro pode levar à degradação e à contaminação do meio ambiente, trazendo implicações para a saúde e bem-estar dos mineradores, das comunidades vizinhas e do meio ambiente global. A degradação da terra, como quando há desmatamento de grandes áreas de floresta e vegetação para a mineração de minério, resulta em efeitos ambientais e de saúde de curto e longo prazo. Isso pode se tornar uma ameaça em nível local e regional, com várias consequências negativas, como:

- Perda de terras aráveis
- Perda de gado
- Falta de água potável
- Água estagnada
- Aumento na proliferação de doenças, principalmente tropicais, por meio de seus principais vetores, os mosquitos.

Tudo isso pode afetar a disponibilidade de alimentos (agricultura, pesca, caça e coleta ou outras atividades de subsistência). A mineração provoca impactos ambientais comuns a todas as áreas submetidas a esse tipo de extração rudimentar e predatória, principalmente a contaminação dos recursos hídricos. Os principais impactos ambientais decorrentes dessa atividade são:

- Desmatamentos e queimadas;
- Alteração nos aspectos qualitativos e no regime hidrológico dos cursos de água;
- Queima de mercúrio metálico ao ar livre;
- Desencadeamento dos processos erosivos;
- Turbidez das águas e mortalidade da ictiofauna;
- Fuga de animais silvestres;
- Poluição química provocada pelo mercúrio metálico na biosfera e na atmosfera.

No fechamento de mina, por exemplo, as medidas de reabilitação devem incluir, mas não se limitar, a:

- Remoção de quaisquer substâncias nocivas ou tóxicas, maquinário, estrutura de mina e qualquer outro material remanescente que possa ser prejudicial às pessoas ou à natureza.

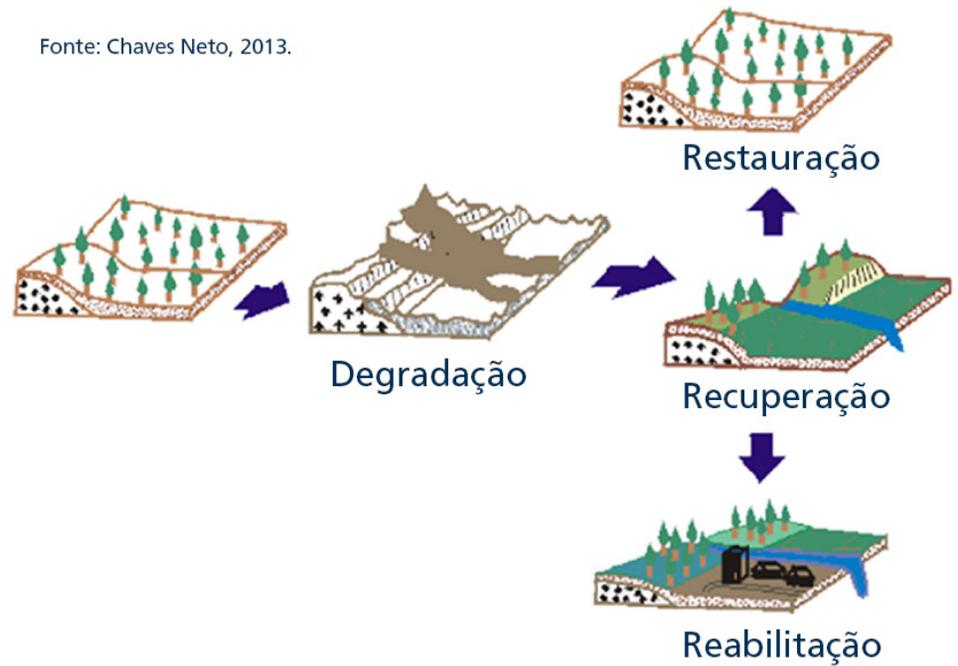




- Preenchimento e nivelamento de escavações profundas ou buracos que possam criar perigo de queda de pessoas. Quando isso não for possível, tais áreas de perigo devem ser providas de cercas seguras ou outras formas de barreiras.
- Suavizar (por exemplo, aparando os taludes em um ângulo seguro), estabilizando (por exemplo, por revegetação) faces potencialmente instáveis, paredes de cavas, bancadas ou bota-foras, para reduzir a erosão ou potencial queda do talude (WALLE E JENNINGS, 2001).

Processo de recuperação de áreas mineradas

Fonte: Chaves Neto, 2013.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro-RJ, 2004.

BASU, N.; Clarke, E.; Green, A.; Calys-Tagoe, B.; Chan, L.; Dzodzomenyo, M.; Fobil, J.; Long, R.N.; Neitzel, R.L.; Obiri, S.; Odei, E.; Ovadje, L.; Quansah, R.; Rajae, M.; Wilson, M.L. **Integrated Assessment of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Ghana-Part 1: Human Health Review**. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 5143-5176, 2015.

BOMFIM, M. R. **Avaliação de impactos ambientais da atividade mineraria**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017.

CHAVES Neto, J. **Meio ambiente e mineração**. Apostila de meio ambiente. Curso técnico em mineração. Secretaria da Educação. Governo do Estado do Ceará, 2013.

ESTON, et. al. **Proteção ao meio ambiente. PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA. Apostila das disciplinas eST – 702 / STR – 702**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil. Relatório Preparado para o CGEE**. PNUD – Contrato 2002/001604, 2002.

HENTSCHEL, T.; Hruschka, f.; Priester, M. **Global Report on Artisanal and Small Scale Mining**. IISD, 2002. 67 p.

IBRAM. **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história**. 2013.

IBRAM. **Informações sobre a economia mineral brasileira 2020 – Ano base 2019**. 1. ed. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2020.

IGF – Intergovernmental Forum on Mining, Mineral, Metals and sustainable development (2017). **Global trends in artisanal and small-scale mining (ASM): a review of key numbers and issues**. IIED, Winnipeg, Canada, 2017.

LOTTERMOSER, B. G. **Recycling, Reuse and Rehabilitation of Mine Wastes**. *Elements*, 7 (6), 405-410, 2011.



OLIVEIRA, A. P.; Luz, A. B. **Recursos hídricos e tratamento de águas na mineração. Série Tecnologia Ambiental.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

ORGANIZAÇÃO Internacional do Trabalho. **Social and Labour Issues in Small-scale Mines. Report for discussion at the Tripartite Meeting on Social and Labour Issues in Small-scale Mines.** Geneva: International Labour Organization, 1999.

PEIXOTO, R. J. **Avaliação da gestão de resíduos sólidos com características urbanas em mineradoras na Região Norte.** UFMG, 2012

PEREIRA, P. S.; Brito, A. M. **Controle ambiental.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Juazeiro do Norte, CE, 2012.

PES, L. Z.; Giacomini, D. **Conservação do solo.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico. Rede e-Tec Brasil, 2017.

RAMOS, M. A. V. **Controle e monitoramento ambiental na mineração.** Cruz das Almas: UFRB. 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos / Luis Enrique Sánchez.** – 3. ed. atual. e aprimorada. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

UNEP - United Nations Environment Programme. Chemicals and Health Branch. **Global Mercury Assessment 2018.** Geneva, Switzerland, 2019.

WALLE, M.; Jennings, N. **Safety & health in small-scale surface mines: A handbook.** Publications of the International Labor Office, Geneva, 2001.

WORLD Bank. 2020 **State of the Artisanal and Small Scale Mining Sector.** Washington, D.C.: World Bank, 2020.

ZUMARÁN Fárfan, J. R. J.; Barbosa Filho, O.; Souza, V. P. **Avaliação do potencial de drenagem ácida de rejeitos da indústria mineral.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

Crédito/Banco de imagens:

Unsplash/@chetan-kolte, @iraj-ishtiak, @jo-anne-mcarthur, @mufid-majnun e @markus-spiske;

SUGESTÕES DE LEITURA

GIBB, H.; O'Leary, K. G. **Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: a comprehensive review.** Environmental health perspectives, 122(7): 667-672, 2014.

HANAI, M. **Formal and garimpo gold mining and the environment in Brazil.** In: Mining and the environment: case study from the Americas. Ed. Alyson Warhurst. International Development Research Centre, Ottawa, Canada, 1999.

HILSON, G.; Hilson, C. J.; Pardie, S. **Improving awareness of mercury pollution in small-scale gold mining communities: challenges and ways forward in rural Ghana.** Environmental research, 103(2), 275-287, 2007.

IBAMA. **Manual de normas e procedimentos para licenciamento ambiental no setor de extração mineral.** Secretaria de qualidade ambiental nos assentamentos humanos programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental. IBAMA. Licenciamento ambiental federal. Brasília – DF, 2001.

MAPANI, B.; Kribek B. (Editors). **Environmental and health impacts of mining in Africa.** Proceedings of the annual workshop IGCP/SIDA No. 594, Windhoek, Namibia, July 5th – 6th, 2012.

MCINTYRE, N.; Bulovic, N.; Cane, I.; McKenna, P. **A multi-disciplinary approach to understanding the impacts of mines on traditional uses of water in Northern Mongolia.** Science of the Total Environment, 557-558:404-414, 2016.

MENSAH, A. K. et. al. **Environmental Impacts of Mining: A Study of Mining Communities in Ghana.** Applied Ecology and Environmental Sciences,3 (3), 81-94, 2015.

PROJEKT-CONSULT/RCS GLOBAL. **Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Mineração em Pequena Escala no Brasil (MPE).** SCHMIDT, Winfried (coord. geral Projekt-Consult). SALUM, Maria José Gazzi (coord. técnica MME). Brasília: MME, 2018.

STEINMÜLLER, K. **A Contribution to the Formalization of the ASM Sector.** Hannover, 2017.

WORLD Health Organization. **Environmental and occupational health hazards associated with artisanal and small-scale gold mining.** World Health Organization, 2016.

LISTA DE SIGLAS

Artisanal and Small-Scale Gold Mining – ASGM

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT

Compostos Orgânicos Voláteis – VOC

Cooperativa de Mineração dos Garimpeiros do Lourenço – COOGAL

Cooperativa dos Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto – COOGAVEPE

Equipamento de Proteção Individual – EPI

Extractives Global Programmatic Support – EGPS

Fórum Intergovernamental sobre Mineração, Minerais Metais e Desenvolvimento Sustentável – IGF

Mineração Artesanal e em Pequena Escala – MAPE

Monóxido de Carbono – CO

Núcleo de Pesquisa para a Pequena Mineração Responsável – NAP. Mineração

Organização das Cooperativas Brasileiras – OCB

Óxidos de Enxofre – SO_x

Óxidos de Nitrogênio – NO_x

Plano de Ação Nacional para a Mineração Artesanal e em Pequena Escala de Ouro – PAN

Resíduos de serviços de saúde – RSS

Universidade de São Paulo – USP

Universidade Federal de Viçosa – UFV

University of British Columbia – UBC

World Commission on Environment and Development – WCED

SOBRE O NAP.MINERAÇÃO/USP

O Núcleo de Pesquisa para a Pequena Mineração Responsável (NAP.Mineração) da Universidade de São Paulo foi fundado em 2012 e desenvolve pesquisa aplicada para a gestão integrada da extração mineral, planejamento de mina e fechamento de mina. A equipe do NAP.Mineração trabalha junto à indústria mineral, cooperativas de mineração, setor governamental e outras instituições, como agências de pesquisa e agências de financiamento internacional. Os resultados dessa atuação incluem um número expressivo de publicações científicas em periódicos de alto impacto. O NAP.Mineração/USP vem atuando no sentido de desenvolver o conceito que a mineração pode ser uma atividade sustentável, tendo como premissa que a MAPE não necessita ser uma atividade puramente extrativista, ela pode estar integrada à comunidade local contribuindo para o desenvolvimento de forma sustentável. Para isso, nosso núcleo de pesquisa promove a comunicação e a integração entre as diferentes áreas do conhecimento relacionadas à atividade da mineração, e apoia o trabalho de pesquisa transdisciplinar, que inclui colaboradores acadêmicos e não acadêmicos. Essa abordagem é inovadora e busca contribuir para a obtenção da licença social, reduzindo as resistências e os prazos de implantação, melhorando a competitividade dos empreendimentos e fomentando o desenvolvimento regional de forma integrada com a mineração.



