

TÉCNICO EM MINERAÇÃO



MÓDULO I INTRODUÇÃO À MINERAÇÃO



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA	05
SOBRE A INSTITUIÇÃO	05
• Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente	05
• Missão	05
• Visão	05
• Valores	05
SOBRE O CURSO	05
• Perfil profissional de conclusão e suas habilidades	06
• Quesitos fundamentais para atuação	06
• Campo de atuação	07
• Sugestões para Especialização Técnica	07
• Sugestões para Cursos de Graduação	07
SOBRE O MATERIAL	08
• Divisão do Conteúdo	08
• Boxes	08
BASE TEÓRICA	10
INTRODUÇÃO	10
ABERTURA DE MINAS	10
• Um pouco de História	11
MINERAÇÃO	12
• Tipos de mineração	13
✓ Método de lavra a céu aberto	14
✓ Método de lavra subterrânea	14
MINERAÇÃO NO BRASIL	16
• A mineração para a economia do país	17
✓ Equilíbrio econômico	17
✓ Influência histórica	18
✓ Relação com fenômenos sociais	18
✓ Influência no PIB nacional	19

✓ Geração de empregos	19
• Mineração do ouro	21
• Indústrias de mineração	22
• Mineração e impactos ambientais	22
PESQUISA DE MINERAIS	24
• Prospeção	24
• Determinação do mineral	24
• Estudo de viabilidade	24
ENGENHARIA DE MINAS	26
• Operação de minas	28
• Mineração à superfície	28
• Mineração por explosivos	29
OPERAÇÕES DE MINERAÇÃO	30
• Fases da vida de uma exploração mineira	31
• Lavra	31
✓ O que é lavra?	31
✓ Métodos de lavra	33
✓ As operações de lavra	35
• Processamento mineral	36
• Problemas ambientais	37
• Regulação de Estado	37
• Aplicações	38
SESSÕES ESPECIAIS	39
MAPA DE ESTUDO	39
SÍNTESE DIRETA	40
MOMENTO QUIZ	41
GABARITO DO QUIZ	43
REFERÊNCIAS	43

MÓDULO I

INTRODUÇÃO À MINERAÇÃO

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM MINERAÇÃO pertence ao Eixo Tecnológico de RECURSOS NATURAIS. Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM MINERAÇÃO relacionadas ao **perfil profissional de conclusão e suas habilidades**,

quesitos fundamentais para atuação, campo de atuação e, também, algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas** e/ou **Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Realizar atividades de prospecção, avaliação técnica e econômica, planejamento, extração e produção referentes aos recursos naturais.
- Prestar assistência técnica e assessoria ao estudo e ao desenvolvimento de projetos e pesquisas tecnológicas, ou aos trabalhos de vistoria, perícia, arbitramento e consultoria.
- Elaborar orçamentos, laudos, pareceres, relatórios e projetos, inclusive de incorporação de novas tecnologias.
- Realizar levantamento topográfico, sensoriamento remoto e geoprocessamento, conforme sua formação profissional.
- Auxiliar na caracterização de minérios sob os aspectos físico-químico, mineralógico e granulométrico.
- Executar projetos de desmonte, transporte e carregamento de minérios.
- Monitorar a estabilidade de rochas em minas subterrâneas e a céu aberto.
- Auxiliar no mapeamento geológico e amostragem em superfície e subsolo.
- Supervisionar, coordenar e operar equipamentos de fragmentação, de separação mineral, separação sólido/líquido, hidrometalúrgicos e de secagem.
- Supervisionar, coordenar e operar equipamentos de extração mineral, sondagem, perfuração, amostragem e transporte.
- Orientar e coordenar a execução de serviços de manutenção de equipamentos.
- Prestar assistência técnica na compra, venda e utilização de equipamentos especializados.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos recursos minerais e à proteção ambiental.
- Atualização em relação às inovações tecnológicas.
- Cooperação de forma construtiva e colaborativa nos trabalhos em equipe e tomada de decisões.
- Adoção de senso investigativo, visão sistêmica das atividades e processos, capacidade de comunicação e argumentação, autonomia, proatividade, liderança,

respeito às diversidades nos grupos de trabalho, resiliência frente aos problemas, organização, responsabilidade, visão crítica, humanística, ética e consciência em relação ao impacto de sua atuação profissional na sociedade e no ambiente.

Campo de atuação

- Empresas públicas e privadas que atuam no desenvolvimento de soluções tecnológicas para exploração de recursos minerais.
- Instituições de assistência técnica, pesquisa, análise e experimentação.
- Empresas de consultoria.
- Empresas de mineração e de petróleo.
- Empresas de equipamentos de mineração.
- Centros de pesquisa em mineração.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Mineralogia e Petrografia.
- Especialização Técnica em Caracterização Mineralógica.
- Especialização Técnica em Beneficiamento de Rochas Ornamentais.
- Especialização Técnica em Gestão Operacional de Produção com Enfoque na Mineração.
- Especialização Técnica em Caracterização Tecnológica de Rochas Ornamentais.
- Especialização Técnica em Pesquisa Mineral.
- Especialização Técnica em Topografia de Mineração.
- Especialização Técnica em Tratamento de Minérios.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Agrimensura.
- Curso Superior de Tecnologia em Estradas.
- Curso Superior de Tecnologia em Beneficiamento de Minérios.
- Curso Superior de Tecnologia em Exploração de Recursos Minerais.
- Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.
- Curso Superior de Tecnologia em Mineração.
- Curso Superior de Tecnologia em Petróleo e Gás.
- Curso Superior de Tecnologia em Produção Joalheira.
- Curso Superior de Tecnologia em Rochas Ornamentais.
- Bacharelado em Agrimensura.

- Bacharelado em Engenharia de Minas.
- Bacharelado em Engenharia Geológica.
- Bacharelado em Geologia.
- Licenciatura em Química.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, a fim de proporcionar subsídios suficientes a todos no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA, temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- VOCÊ SABIA?



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- PAUSA PARA REFLETIR...



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- SE LIGA NA CHARADA!



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

INTRODUÇÃO

A Mineração é a atividade de extrair minerais da crosta terrestre. O subsolo da Terra contém muitos minerais e outros materiais que são úteis às pessoas. Para obter esses recursos naturais valiosos, é preciso cavar o solo. Os buracos cavados são chamados de minas. Algumas minas são túneis estreitos que descem bem fundo debaixo da terra. Outras ficam a céu aberto. As pessoas que trabalham nas minas são chamadas de mineiros.

Cavam-se minas para obter materiais como diamantes, sal, carvão, prata e muitos outros. Quando uma mina fornece pedra para construção, é chamada de pedreira. Perfurar a terra para extrair petróleo é outro tipo especial de mineração. Nesse caso, o buraco na terra é chamado de poço, não mina. Geralmente, os trabalhadores cavam minas para procurar apenas um tipo de material, mas às vezes encontram também outros recursos valiosos.

ABERTURA DE MINAS

Há muitas maneiras de se abrir uma mina. Uma delas é cavar túneis subterrâneos. Outra forma é remover camadas de solo e de rocha da superfície para criar uma mina a céu aberto.

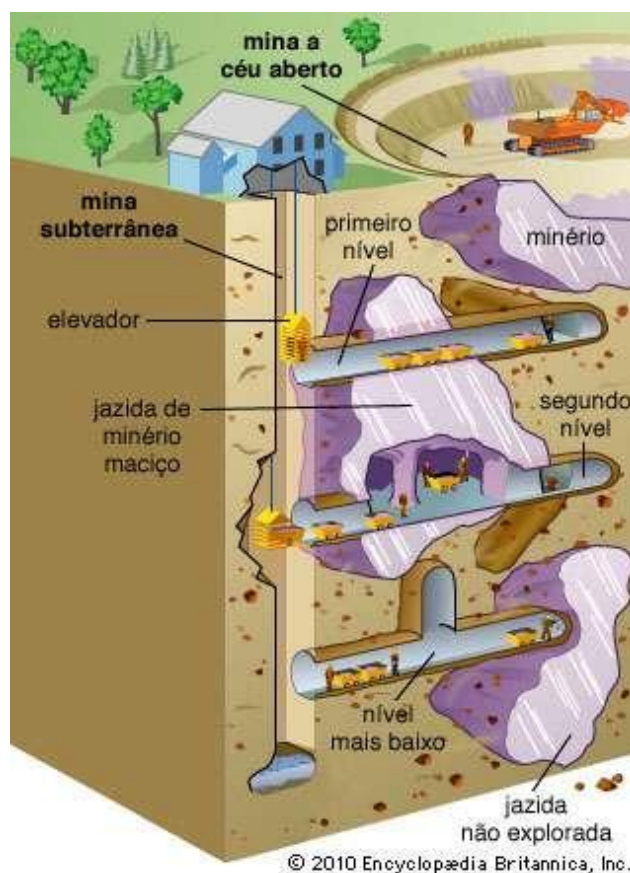


Figura 1: Mina a céu aberto.

OBSERVAÇÕES:

Os mineiros podem procurar minérios em túneis subterrâneos ou em minas a céu aberto.

As minas em túneis podem se estender por quilômetros embaixo da terra. Algumas vezes, os túneis se abrem em grandes salões.

Os mineiros que trabalham no fundo da terra usam máquinas e equipamentos especiais para cavar as paredes. Ar fresco, água e eletricidade devem ser levados até eles através de sistemas desenvolvidos para isso.

Os trabalhadores usam grandes máquinas para movimentar a terra a fim de abrir minas a céu aberto. As máquinas raspam e cavam o solo até descobrir os minerais. À medida que as máquinas cavam, vão criando um imenso buraco no chão. Algumas vezes, os mineiros precisam usar explosivos, como dinamite, para criar túneis ou romper superfícies duras. Essas explosões também quebram os materiais em pedaços menores, o que facilita sua coleta.

A mineração é um trabalho perigoso. As minas subterrâneas podem desabar ou se inundar rapidamente com água. Quando desastres assim acontecem, os mineiros podem ficar presos debaixo da terra. As explosões usadas na mineração também podem liberar gases venenosos.

Um pouco de História

Desde os tempos pré-históricos as pessoas cavam minas. Milhares de anos atrás, durante a Idade da Pedra, as pessoas cavavam o solo para procurar pederneiras. A pederneira é uma pedra que pode ser usada para fazer armas e ferramentas.

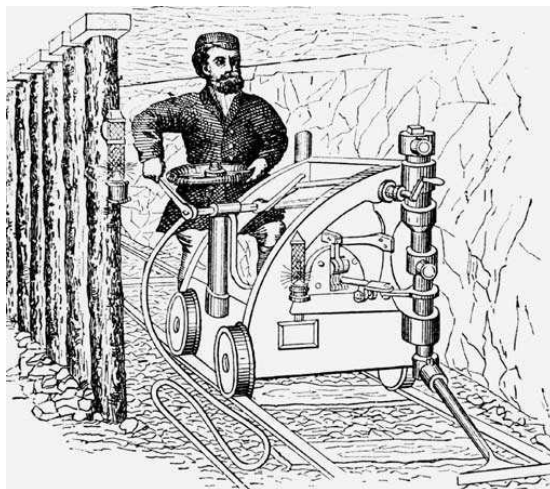


Figura 2: Ilustração de uma mina de carvão do século XIX.

O primeiro metal a ser minerado foi o cobre. As mais antigas minas de cobre estão no Egito. Os egípcios antigos cavaram essas minas cerca de 7 mil anos atrás. Há 5 mil anos, as pessoas também mineravam estanho e o combinavam com o cobre para criar o bronze. Esse metal era importante para fazer armas e ferramentas fortes e duradouras. Mais tarde, as pessoas passaram a extrair ferro e a usá-lo para tornar as ferramentas e as armas ainda mais fortes.

Os gregos antigos mineravam mármore para construir belos edifícios. Os romanos antigos tinham imensas operações de mineração, muitas em terras que eles conquistaram. Durante os séculos XV e XVI, os espanhóis enriqueceram minerando ouro e prata nas Américas.

As primeiras operações de mineração onde ficam atualmente os Estados Unidos começaram no século XVIII. Enquanto isso, na Grã-Bretanha, a mineração de carvão ajudou a dar início à Revolução Industrial. Foi uma época em que as pessoas começaram a usar máquinas para fabricar mercadorias. O carvão era uma fonte de energia importante para fazer as máquinas funcionarem.

No século XX, muitos países trabalharam para tornar a mineração mais segura para os mineradores. Atualmente, muitas pessoas se preocupam com a poluição e outros prejuízos ao ambiente causados pela mineração.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

O que é, o que é? Mesmo atravessando o rio não se molha?

RESPOSTA:

A ponte.

MINERAÇÃO

A **mineração** corresponde a uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios presentes no subsolo. Essa atividade é uma das grandes responsáveis pela atual configuração da sociedade em que vivemos, visto que diversos produtos e recursos utilizados por nós são provenientes dessa atividade, como computadores, cosméticos, estradas, estruturas metálicas, entre outros.

Assim, é possível dizer que a mineração é indispensável ao desenvolvimento socioeconômico. Contudo, a atividade mineradora é responsável por diversos problemas provocados no meio ambiente.



VOCÊ SABIA?

A mineração é atividade econômica e industrial exercida pelo homem desde a antiguidade. Consiste na extração e no beneficiamento de minérios do subsolo.



Figura 3: Extração de minérios do subsolo.

Tipos de mineração

Na mineração podemos encontrar **métodos de lavra**, que consistem nas técnicas de extração do minério que levam em conta aspectos sociais, econômicos e ambientais, bem como as tecnologias que precisam ser empregadas na área destinada à atividade em virtude da forma e da posição em que o depósito do minério está localizado, ou seja, o aspecto geológico.

Na escolha do método, deve-se levar em conta também as *questões de segurança e higiene*, a fim de garantir a vida útil da mina a ser explorada. Isso significa que selecionar o método errado, além de ser inviável economicamente, pode provocar diversos problemas ambientais.

Existem diversos métodos de lavra que variam segundo os métodos de extração empregados. Em muitas minas, são empregados mais de um método de lavra. Os dois principais correspondem ao ambiente em que se desenvolve a atividade de mineração.

São eles:

- Método de lavra a céu aberto;

- Método de lavra subterrânea.

Método de lavra a céu aberto

O método de lavra a céu aberto representa a mineração em depósitos com menor profundidade, próximos à superfície. O método de lavra a céu aberto refere-se à extração de minérios que são encontrados em depósitos com menor profundidade, ou seja, as jazidas estão localizadas bem próximas à superfície. Normalmente, esse método explora o minério até o seu esgotamento.

Os principais métodos de lavra a céu aberto são:

- ✓ Encostas;
- ✓ Cavas;
- ✓ Fatias;
- ✓ Lavra por dissolução.



Figura 4: Exemplo da utilização do método de lavra a céu aberto.

Método de lavra subterrânea

O método de lavra subterrânea consiste na retirada de minérios em depósitos de maior profundidade. O método de lavra subterrânea refere-se à extração de minérios que são encontrados em depósitos mais profundos, ou seja, as jazidas estão afastadas da superfície. Nesse método, o minério deve ser delimitado via sondas por meio dos serviços de topografia.

O método de lavra subterrânea possui variações como:

- ✓ Métodos com realces autoportantes;
- ✓ Métodos com realces das encaixantes;
- ✓ Métodos com abatimento.



Figura 5: Exemplo da utilização do método de lavra subterrânea.

OBSERVAÇÕES:

Mineração é um termo que abrange os processos, atividades e indústrias cujo objetivo é a extração de substâncias minerais a partir de depósitos ou massas minerais. Podem incluir-se aqui a exploração de petróleo e gás natural e até de água. Como atividade industrial, a mineração é indispensável para a manutenção do nível de vida e avanço das sociedades modernas em que vivemos. Desde os metais às cerâmicas e ao, betão, dos combustíveis aos plásticos, equipamentos elétricos e eletrônicos, cablagens, computadores, cosméticos, passando pelas estradas e outras vias de comunicação e muitos outros produtos e materiais que utilizamos ou de que desfrutamos todos os dias, todos eles têm origem na atividade da mineração. Pode-se sem qualquer tipo de dúvida dizer que sem a mineração a civilização atual, tal como a conhecemos, pura e simplesmente não existiria, fato do qual a maioria de nós nem sequer percebe.

A imagem um tanto negativa desta atividade junto da sociedade em geral, sobretudo nas últimas décadas, deve-se aos profundos impactos que ela pode ter no ambiente (sobretudo os negativos) e que têm sido a causa de numerosos acidentes ao longo dos tempos. Por último, não nos podemos esquecer que a capacidade desta atividade em fornecer à sociedade os materiais que necessita não é infinita, pois muitos dos recursos minerais explorados são, pelo contrário, bastante finitos.



Figura 6: Uma mina de carvão na Austrália.

MINERAÇÃO NO BRASIL

A **mineração** representa uma das atividades econômicas e industriais que contribuem de forma significativa para o desenvolvimento socioeconômico do país. A **exploração de recursos minerais** no Brasil está ligada com sua própria história, desde o seu período de ocupação em busca do ouro no interior do país.

A mineração foi um fator muito importante para o Brasil colonial. A busca por minérios contribuiu para a ocupação do território nacional. As entradas e as bandeiras, no século XVIII, tinham como objetivo principal descobrir metais valiosos e pedras preciosas pelo interior do território brasileiro. Ouro, prata, cobre, diamantes e esmeraldas foram encontrados. O Brasil viveu então o Ciclo do Ouro, e o cálculo é que 3 mil toneladas foram enviadas para Portugal.



Figura 7: Extração de ferro no estado do Pará, no norte do Brasil.

A mineração continua importante até hoje. É um dos setores vitais da economia brasileira. O subsolo brasileiro é um grande depósito mineral. Há nióbio, minério de ferro, tantalita, **manganês** e muitos outros metais. As reservas de petróleo também têm grande importância econômica.

A mineração para a economia do País

Importante fonte de renda, a mineração é um suporte financeiro e econômico para o país. No caso do Brasil, a atividade se torna grande protagonista nesse contexto, em função do potencial do solo nacional, caracterizado por seu diferencial e riqueza. A mineração é um dos setores básicos da economia brasileira.



Figura 8: Imagem ilustrativa mostrando a importante relação entre a mineração e a economia de nosso País.

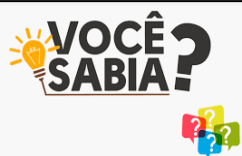
Vejamos 5 fatores que explicam a importância da mineração para a economia do país:

- Equilíbrio econômico.
- Influência histórica.
- Relação com fenômenos sociais.
- Influência no PIB nacional.
- Geração de empregos.

Equilíbrio econômico

A atividade de extração de minérios equilibra os índices de crescimento nacionais. Quer um bom exemplo disso? O recorde de superávit (quando a exportação de produtos é maior do que a importação) na balança comercial brasileira no primeiro semestre e em junho de 2017. Por trás do bom resultado, está a mineração. Isso porque o minério de ferro é uma das principais commodities que o Brasil exporta. A alta dos preços de minério e os sucessivos

recordes de produção da Vale nos últimos trimestres contribuíram para o aumento do valor das exportações nacionais.



VOCÊ SABIA?

Importância econômica da mineração no Brasil

A economia brasileira sempre teve uma relação estreita com a extração mineral. Desde os tempos de colônia, o Brasil transformou a mineração - também responsável por parte da ocupação territorial - em um dos setores básicos da economia nacional. Atualmente, é responsável por 3 a 5% do Produto Interno Bruto.

Importante na obtenção de matérias-primas, é utilizada por indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, fertilizantes, petroquímica e é responsável pela interiorização da indústria inclusive em regiões de fronteiras. Em 2000, o setor mineral representou 8,5 % do PIB - US\$ 50,5 bilhões de dólares.^[4] É um setor portanto de profunda importância, pois, além do que já representa para a economia nacional, o subsolo brasileiro representa um importante depósito mineral. Entre as substâncias encontradas, destacam-se o nióbio, minério de ferro (segundo maior produtor mundial), tantalita, manganês, entre outros. Deixando de lado aspectos já mencionados, não se pode esquecer que a atividade mineradora é responsável pela criação de inúmeros empregos diretos, representando no ano 2000, 500.000 empregos e um saldo na balança comercial de US\$ 7,7 bilhões de dólares.

Influência histórica

A mineração atrai muitos investimentos e tem bom retorno financeiro. E esse potencial do setor já era visível desde o período do Brasil colonial. Naquela época, a extração de minérios foi responsável por parte da ocupação do território nacional e, principalmente, pelo equilíbrio econômico e geração de riquezas. A consequência disso? Os olhos dos mercados estrangeiros começaram a brilhar pelos solos brasileiros. Não à toa, durante todo o século XVII, o interior do país recebeu várias expedições em busca de metais valiosos e pedras preciosas.

Relação com fenômenos sociais

A extração de minérios está associada em maior ou menor grau com todos os fenômenos sociais e tem vínculo com praticamente todas as questões de crescimento e desenvolvimento do país. A própria história da mineração no Brasil Colônia revela essa forte influência do setor. Durante o período colonial, o ouro encontrado no país foi levado para Portugal e gerou lucro até para a Inglaterra, que teria financiado a Revolução Industrial com parte das riquezas tiradas da colônia portuguesa. Sem contar que, com a riqueza trazida pela extração de ouro na época, surgiu uma nova classe consumidora no Brasil Colônia, a classe média.

Influência no PIB nacional

Você sabia que a mineração no Brasil é responsável por quase 5% do PIB nacional? Ela é capaz de oferecer produtos para diversos e variados tipos de indústria, como siderúrgicas, fertilizantes, petroquímicas e metalúrgicas. De olho nesse potencial da extração de minérios, muitas iniciativas governamentais têm como foco o investimento e a modernização do setor. E o resultado disso são o rápido crescimento do segmento e retornos significativos para a economia do país.

Geração de empregos

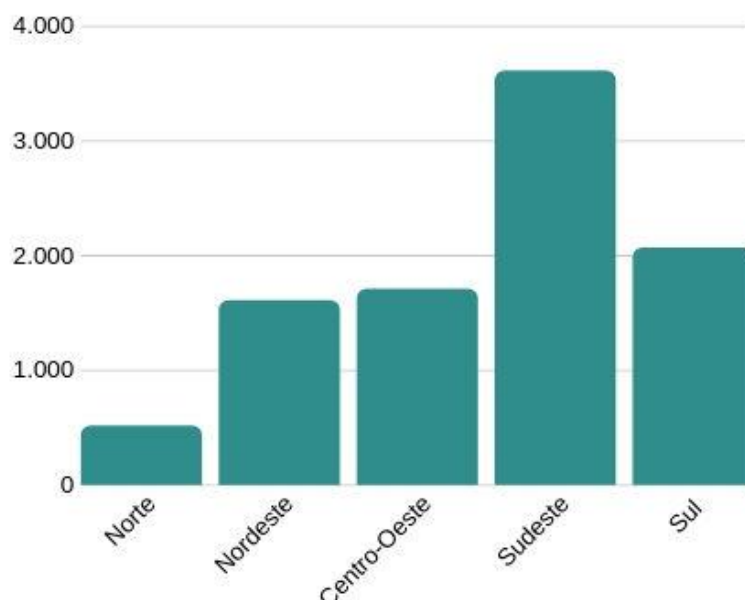
A mineração contribui para a criação de inúmeros empregos diretos e indiretos, justamente por oferecer matéria prima para variados tipos de indústria. Afinal, o que seria das indústrias montadoras de veículos sem o aço, o vidro e os derivados do petróleo, matérias que provêm diretamente da mineração? É justamente essa relação indireta com outras indústrias que torna a extração de minérios uma das principais fontes de geração de empregos. Um estudo realizado pela empresa de consultoria Price Waterhouse Coopers entre os fornecedores de equipamentos à mineração na Província de Ontário, no Canadá, revelou que somente o setor gera 40.960 mil empregos diretos e 27.471 mil indiretos, pagando US\$4,6 bilhões em salários.

O **Brasil** é considerado um dos países com **maior potencial mineral do mundo**, produzindo aproximadamente 70 substâncias minerais (21 dos grupos de materiais não metálicos e 45 dos não metálicos e 4 dos energéticos). Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral, trata-se de uma atividade bastante diversificada.

Também de acordo com o departamento, estão localizadas, no Brasil, cerca de 3.354 minas, sendo 159 de grande porte. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Mineração

(Ibram), há no país mais de 8 empresas mineradoras distribuídas entre as regiões. Veja a seguir onde há maior concentração dessas empresas.

Companhias mineradoras no Brasil



Fonte: DNPM 2012

Figura 9: Distribuição das companhias mineradoras nas regiões brasileiras, segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral.

O **setor mineral** representa 4,2% do Produto Interno Bruto do país e cerca de 20% do valor das exportações brasileiras, segundo o Ministério de Minas e Energia. É previsto para o Brasil, por meio do Plano Nacional de Mineração 2030, divulgado pelo mesmo Ministério, que sejam investidos em pesquisa mineral, mineração e transformação mineral cerca de US\$ 270 bilhões até o ano de 2030.

No ano de 2011, segundo o Ibram, o Brasil alcançou seu melhor índice, produzindo cerca de US\$ 50 bilhões. Atualmente, o país é o maior exportador mundial de ferro e nióbio e o segundo maior de manganês e bauxita, de acordo com dados do DNPM. Vejamos os principais minérios encontrados no Brasil (2012/2013), segundo pesquisa da Academia Brasileira de Ciências.

Minério	Reserva (em 1000 toneladas)	Principais minas
Amianto	10515	Cana Brava (GO)
Bauxita	590000	São Lourenço (MG), Juriti (PA), Paragominas (PA), Itamarati de Minas (MG).

Carvão	2154000	Criciúma (SC), Candiota e outras 20 minas no Rio Grande do Sul.
Cobre	11419	Chapada (GO), Sossego (PA), Salobo (PA), Caraíba (BA).
Estanho	341033	Bom Futuro (RO), Massangana (RO), São Lourenço (RO)
Ferro	19948000	33 no Quadrilátero Ferrífero (MG) e no estado do Pará.
Nióbio	10565	Barreiro (MG), Boa Vista (GO).
Ouro	2,6	Fazenda Nova (GO), Aurizona (MA), Jacobina (BA), Morro do Ouro (GO), Pedra Branca do Amapari (AP), Crixás (GO), São Vicente (MT), São Francisco (MT), Santa Bárbara (MG), Sabará (MG), Cocais (MG), Caeté (MG).
Níquel	2079	Santa Rita (BA), Buriti (GO), Barro Alto (GO), Niquelândia (GO), Onça-Puma (PA).

Figura 10: Tabela indicando os principais minérios encontrados no Brasil (2012/2013) - Academia Brasileira de Ciências.

O Brasil importa e exporta minérios, visto que sua produção não é suficiente para todos os minérios. Os principais destinos dos minérios brasileiros são países como o Canadá, Estados Unidos, China, Japão e Países Baixos. São exportados, principalmente, alumínio, cobre, ferro, estanho, manganês, níquel, nióbio e ouro. Já a origem das exportações é de países como Estados Unidos, Peru, Chile, Rússia e China. São importados minérios como ferro, cobre, estanho e alumínio.

Mineração do ouro

Os mineradores, por muito tempo, contavam com a sorte para encontrar gramas de ouro no leito dos rios ou entre as rochas. Com o avanço das tecnologias e métodos de extração, a busca pelo minério, atualmente, tem sido mais precisa.

Normalmente, os depósitos de ouro concentram também outros metais. As pesquisas nas áreas em que há possibilidade de jazidas são feitas por meio de estudos topográficos e perfurações. As amostras do minério são analisadas e avaliadas. Os processos de extração dependerão das características geológicas do depósito. Caso localize-se na superfície, possivelmente, aplica-se a técnica de lavra a céu aberto. Se estiver em maiores profundidades, o método será de lavra subterrânea. Após a extração, inicia-se a fase de beneficiamento do ouro, que representa a etapa de preparação do minério.

Os processos dessa etapa são:

- ✓ **Britagem:** processo em que o minério é reduzido em pedaços menores.
- ✓ **Peneiramento:** processo em que se separa os grandes dos pequenos pedaços.

- ✓ **Moagem:** processo em que o minério é misturado em pó fino. A mistura resultará em um minério mais fino de acordo com as horas que durar a mistura.
- ✓ **Classificação:** processo em que partículas grosseiras são separadas das partículas finas.

Após a etapa de beneficiamento, o ouro passa para a etapa de concentração, podendo ser feita por concentração gravítica ou uso da flotação.

Indústrias de mineração

No Brasil, a indústria de mineração é representada pelos setores de exploração, mineração e de transformação mineral, segundo o Ibram. Segundo a Revista Exame, as principais empresas mineradoras do país são:

- ✓ Vale;
- ✓ Samarco;
- ✓ CBMM;
- ✓ Alunorte;
- ✓ Namisa;
- ✓ Magnesita;
- ✓ Votorantim;
- ✓ Hispanobras.

Mineração e impactos ambientais

Apesar de ser uma atividade primordial ao desenvolvimento de uma sociedade, a mineração está associada a diversos impactos ambientais negativos. Quando feita sem planejamento e sem fiscalização, pode provocar graves danos ao meio ambiente.

Há no Brasil diversos órgãos destinados à fiscalização, concessão, cumprimento das legislações e exploração dos recursos minerais, como o Ministério do Meio Ambiente, o Ministério de Minas e Energia, o Serviço Geológico do Brasil, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e os Recursos Naturais Renováveis. Contudo, é válido ressaltar que manter a integridade das áreas destinadas à mineração, bem como as questões de segurança, é dever da empresa mineradora. Os projetos a serem implantados pelas mineradoras devem considerar, então, todo e qualquer impacto a ser provocado no meio ambiente.

Quando a atividade é realizada de maneira irregular, podem ocorrer problemas como poluição e contaminação dos recursos hídricos, poluição e contaminação dos solos, poluição

do ar, possíveis áreas degradadas, transtornos à população da região, alteração da geologia da área devido à abertura de cava para exploração, favorecimento de erosões (voçorocas e assoreamentos), perda da vegetação, fauna comprometida, dentre outros.

Veja a seguir (*figura 11*) os principais impactos ambientais no Brasil provocados pela mineração de acordo com cada minério, segundo o Ministério do Meio Ambiente:

Minério	Impacto ambiental
Ferro	As regiões de extração de ferro possuem barragens (áreas de contenção de resíduos minerais) antigas, podendo ser rompidas e poluição das águas superficiais.
Ouro	Uso inadequado de mercúrio na fase de concentração do ouro, rejeitos ricos em arsênio, emissão de mercúrio na queima de amálgama.
Carvão	Contaminação dos recursos hídricos tanto das águas superficiais quanto das águas subterrâneas.
Zinco	Barragem de contenção de rejeitos em péssimo estado de conservação.

Figura 11: Tabela indicando os principais impactos ambientais no Brasil provocados pela mineração de acordo com cada minério – Ministério do Meio Ambiente.



VOCÊ SABIA?

O Brasil vivenciou, nos últimos anos, dois grandes crimes ambientais no estado de Minas Gerais. A empresa Vale teve duas de suas diversas barragens de rejeitos rompidas, causando um enorme problema ambiental, mortes e perda de biodiversidade na área afetada. As cidades de Mariana e Brumadinho vivem atualmente uma situação drástica devido ao rompimento das barragens. Rios foram poluídos, solos contaminados, parte da população perdeu suas casas e houve também diversas mortes de pessoas e animais.



Figura 12: O crime ambiental ocorrido em Brumadinho deixou diversas famílias desabrigadas e um grande número de mortes. (Crédito: Corpo de Bombeiros do estado de Minas Gerais).

PESQUISA DE MINERAIS

A engenharia de minas atua em todos os estágios da mineração. A sua primeira função é a da descoberta de uma jazida mineral e a determinação da viabilidade do estabelecimento de uma mina para o explorar.

Prospecção

Os engenheiros de minas envolvem-se na prospecção de minério, trabalhando em conjunto com os geólogos no sentido de identificarem reservas minerais. O primeiro passo na descoberta de uma jazida mineral é o de determinar quais os minérios que se deverão buscar e testar. Os geólogos e os engenheiros irão retirar amostras de minério do subsolo por perfuração, bem como irão realizar pesquisas à superfície em busca por minérios e compostos específicos. As prospecções serão orientadas para a busca de minérios de metal como a galena quando se pretende obter chumbo ou a torbrenite quando se pretende cobre. As pesquisas também poderão ser feitas em busca de não metais como o fosfato, o quartzo e o carvão.

A descoberta pode ser feita através da pesquisa de cartas geológicas, de relatórios geológicos acadêmicos ou de relatórios geológicos de autoridades públicas. Outras fontes de informação incluem registros de ensaios em propriedades, de perfurações de poços ou mesmo de relatos locais. A pesquisa mineral pode também usar meios como os satélites ou a fotografia aérea.

Determinação do mineral

Depois de um possível mineral ser localizado, o engenheiro de minas irá determinar as propriedades do minério. Isto poderá envolver análises químicas para determinar a composição das amostras de minério. Depois das propriedades minerais serem identificadas, o próximo passo é o de determinar a quantidade de minério existente. Isto envolve a determinação da extensão da jazida, bem como o grau de pureza do minério.

Os engenheiros de minas poderão realizar perfurações adicionais para retirar amostras de minério para determinar os limites da jazida ou do veio e calcular a quantidade de minério presente no depósito.

Estudo de viabilidade

A partir do momento em que a identificação do mineral e da sua quantidade estão razoavelmente determinadas, o próximo passo é o de determinar a viabilidade de explorar o

depósito mineral. Um estudo preliminar, logo após a descoberta do depósito, examina as condições do mercado, como as da oferta e da procura do mineral, a quantidade de minério que terá de ser extraída para se obter uma determinada quantidade do mineral e os custos associados à operação. Este de pré-estudo de viabilidade determina se o projeto de mineração é potencialmente lucrativo. Se o for, é feito um estudo de viabilidade mais aprofundado.

Depois da extensão total do depósito ser conhecida e examinada pelos engenheiros, o estudo de viabilidade examina o custo do investimento no capital inicial, os métodos de extração, o custo da operação, o tempo estimado para retorno do investimento, a remuneração bruta, a margem líquida de lucro, possíveis lucros futuros na revenda dos terrenos, tempo de vida total da reserva, o valor total da reserva, investimento em futuros projetos e os contratos com os proprietários.

São também considerados o impacto ambiental, as ramificações legais, as licenças estatais e a recuperação paisagística. Estes vários aspectos do estudo irão determinar se uma empresa mineralífera procederá com a extração dos minerais ou se o projeto será abandonado. A empresa mineralífera poderá decidir vender os direitos de mineração a um terceiro, em vez de a desenvolver ela própria ou adiá-la indefinidamente até as condições do mercado se mostrarem mais favoráveis.



Figura 13: *Poluição da água por ácidos nas antigas minas de pirites de Northland, Canadá.*

**PAUSA PARA REFLETIR...**

A medida do amor é amar sem medida.

Agostinho de Hipona.

ENGENHARIA DE MINAS

A **engenharia de minas** é o ramo da engenharia que se ocupa do aproveitamento dos recursos da Terra, especialmente através da exploração de minas, utilizando os conhecimentos de diversos ramos da ciência, particularmente os da geologia, da química e da física.

Entre outras áreas, a engenharia de minas intervém na pesquisa, prospecção e extração dos recursos minerais (incluindo minérios, águas minerais e hidrocarbonetos), na mineralogia e metalurgia, no tratamento e refinação de recursos minerais, na gestão do subsolo, construção de túneis e outros aspectos da engenharia subterrânea no âmbito da construção civil e na engenharia de combustíveis e explosivos.

A engenharia de minas é um dos mais antigos ramos da engenharia.



Figura 14: Engenharia de minas: exploração subterrânea de cobre e zinco, em Neves-Corvo, Portugal.

**VOCÊ SABIA?*****Minas de diamantes em Minas Gerais, Brasil, durante o século XVIII***

Desde os primórdios da civilização, o homem usou pedra, cerâmica e, mais tarde, metais encontrados junto à superfície

da Terra, para fabricar ferramentas e armas. Por exemplo, o sílex de alta qualidade encontrado no Norte de França e no Sul da Inglaterra era utilizado para ignições e para partir rochas. Foram descobertas antigas minas de sílex nas regiões calcárias, nas quais foram explorados veios subterrâneos de minério, através da escavação de poços e galerias subterrâneas. Segundo os registros arqueológicos, a mais antiga mina conhecida é a da Cova do Leão na Suazilândia. Neste local, que foi datado como tendo 43.000 anos através da datação por radiocarbono, os humanos do Paleolítico mineralizam minério de hematite, o qual continha ferro e era utilizado para produzir o pigmento ocre.

Os antigos Romanos foram grandes inovadores na engenharia de minas, desenvolvendo métodos de mineração em larga escala. Desenvolveram especialmente o uso de grandes volumes de água transportados até às explorações mineiras por aquedutos. A rocha exposta era aquecida pelo fogo e em seguida molhada com água, causando um choque térmico que fazia com que a rocha se rachasse, permitindo a sua remoção. Em algumas minas, os Romanos utilizavam máquinas hidráulicas, como as rodas de água usadas nas minas de cobre de Rio Tinto no Sudoeste de Espanha, para extrair água a cerca de 25 m de profundidade.

A pólvora foi usada, pela primeira vez, na mineração em 1627, nas minas de Banská Štiavnica, na atual Eslováquia. A utilização de explosivos passou a permitir rebentar com a rocha e com a terra, libertando e revelando veios de minério e uma forma muito mais rápida que o antigo sistema de choque térmico com fogo e água. A Revolução Industrial levou a mais avanços tecnológicos na engenharia de minas, incluindo a introdução de explosivos mais aperfeiçoados, de bombas a vapor, elevadores e brocas.

Em 1765, em Freiberga, no Saxe, é fundada a *Bergakademie Freiberg* (Academia de Minas de Freiberga), a mais antiga escola de engenharia de minas do mundo.

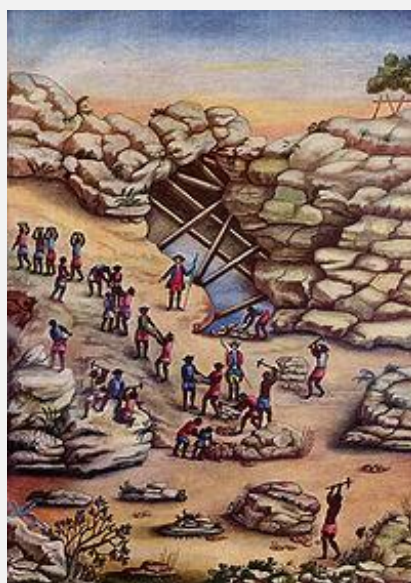


Figura 15: Imagem ilustrativa sobre as Minas de diamantes em Minas Gerais, Brasil, durante o século XVIII.

Operação de minas

Os engenheiros de minas que desenvolvem a sua atividade numa mina já estabelecida podem ocupar-se da melhoria da sua operação, da exploração de mais minério e da potencialização dos recursos, determinando onde reforçar o pessoal e o material na mina. Os engenheiros de minas também podem assumir funções de supervisão e gestão, de venda de minerais e equipamentos de mineração, de proteção ambiental e de higiene e segurança no trabalho.

O ato da mineração requer métodos diferentes de extração, que dependem da mineralogia, da geologia e da localização dos recursos. Características como a dureza, a estratificação e o acesso ao mineral irão determinar quais os métodos de extração a serem utilizados.

Geralmente, a mineração é feita à superfície ou no subsolo. A mineração também pode ser mista (à superfície e no subsolo) para a mesma reserva. A atividade mineira varia conforme o método usado para extrair o mineral.

Mineração à superfície

Cerca de 90 % da produção de minerais do mundo tem origem na superfície. A mineração à superfície ou a céu aberto consiste em remover minerais a partir de formações na superfície do solo ou junto à mesma. A obtenção do minério é feita pela remoção do material no seu estado natural a partir do solo. Frequentemente, a mineração a céu aberto altera as características da terra, tais como os seus formatos, topografia e composição geológica.

A mineração à superfície envolve a extração dos minerais através de máquinas de corte, de britagem e perfuração. Os explosivos são muitas vezes usados para facilitar o desmonte dos materiais. Minerais duros como o calcário, a areia, o cascalho e a ardósia são normalmente extraídos numa série de bancos.

Os minerais mais macios como as argilas e fosfatos, são removidos através do uso de escavadoras mecânicas, *bulldozers* e carregadoras. Os veios de carvão mais macios também podem ser extraídos desta forma.

Os minerais também podem ser removidos de depósitos aluviais como os que se forma no fundo dos lagos, rios e mesmo oceanos, através de dragagem. Além disso, pode ser realizada a mineração de depósitos aluviais através do uso de agentes dissolventes no

minério, retirando-se o minério por bombagem. A matéria bombeada é, depois, filtrada. A mineração hidráulica usa jatos de água para retirar os resíduos ou o próprio minério.



Figura 16: Exploração mineira de cobre à superfície, em Chuquibambilla, Peru.

Mineração por explosivos

Os explosivos são usados para quebrar as formações rochosas, possibilitando assim o carregamento e o transporte do minério para as sucessivas etapas de seu beneficiamento. Existem dois tipos de explosivos usados na mineração: os de alta velocidade e os de baixa velocidade. Os explosivos de alta velocidade usa alto explosivos enquanto o de baixa velocidade usa baixo explosivos.

Os engenheiros de minas determinam a colocação das cargas explosivas e a sequência de rebentamento para libertar a quantidade máxima de minério de forma eficiente e segura. Os engenheiros também são responsáveis pela segurança dos mineiros ao determinarem o tipo de escorção que devem ter as crateras abertas pelos rebentamentos.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

○ que há bem no meio do coração?

RESPOSTA:

A letra “a”.

OPERAÇÕES DE MINERAÇÃO

As **operações de desmonte** são planejadas com base no plano da mina: onde, quando e que métodos serão utilizados para desenvolver o depósito. Quando necessário, efetuamos uma detonação seletiva ou misturamos rochas detonadas de diferentes unidades. A Lhoist adota esta abordagem, pois acreditamos que seja a única forma de garantir a utilização responsável das nossas reservas, atendendo assim às necessidades do cliente a longo prazo.

As **operações na mina** começam pela perfuração e detonação, seguidas pelo carregamento e transporte de pedra desmontada para o britador de pedras primário. Um programa de detonação rigoroso assegura a qualidade e quantidade dos grandes volumes de pedra necessários para alimentar as instalações de transformação. Trata-se de um passo vital no processo.

Nas minas que realizam detonação, as plataformas de perfuração criam aberturas onde os explosivos são carregados. O padrão de perfuração dos buracos e as cargas explosivas utilizadas influenciam a fragmentação da rocha e são selecionados com base em cada local e situação. Uma vez que a rocha foi desmontada, a pedra é transportada do banco da mina para o britador de pedras primário por uma frota de caminhões, carregados por uma ou mais pás carregadoras.



Figura 17: Imagem mostrando o momento de uma detonação em uma mina.

As pedras que não são adequadas para a britagem são comercializadas de forma diferente ou utilizadas para aterramento e reabilitação da mina.

As operações diárias da mina devem responder a características internas e externas de curto prazo, de forma a garantir o fornecimento aos clientes. A comparação entre as expectativas de longo prazo e as realidades de curto prazo durante as atividades de mineração permite identificar problemas e atuar de forma corretiva e adequada.

Fases da vida de uma exploração mineira

A vida de uma exploração mineira (mina ou pedreira) é composta por um conjunto de etapas que se podem resumir a:

- ✓ Pesquisa para localização do minério.
- ✓ Prospeção para determinação da extensão e valor do minério localizado.
- ✓ Estimativa dos recursos em termos de extensão e teor do depósito.
- ✓ Planeamento, para avaliação da parte do depósito economicamente extraível.
- ✓ Estudo de viabilidade para avaliação global do projeto e tomada de decisão entre iniciar ou abandonar a exploração do depósito.
- ✓ Desenvolvimento de acessos ao depósito que se vai explorar.
- ✓ Exploração, com vista à extração de minério em grande escala.
- ✓ Recuperação da zona afetada pela exploração de forma a que tenha um possível uso futuro.

De notar que entre a fase de pesquisa e o início da exploração podem decorrer vários anos ou mesmo décadas, sendo os investimentos necessários nesta fase muito elevados.

Lavra

O que é lavra?

Entende-se por lavra: o conjunto de operações coordenadas que objetivam o aproveitamento industrial das jazidas, desde a extração das substâncias minerais até o beneficiamento destas. Sendo observadas as condições econômicas, sociais, geológicas, geográficas e ambientais para o planeamento do método de lavra.

Durante o planeamento, a viabilidade econômica é o fator mais importante para a seleção do método de lavra. Porém, aspectos de higiene, segurança, estabilidade da mina, a recuperação do minério e a produtividade máxima também são considerados. A escolha do método de lavra é o fator que possibilita o desenvolvimento da operação de extração do material. A escolha errada poderá trazer consequências negativas para a viabilidade da mina. Os métodos de lavra são limitados pelas condições de disponibilidade e o desenvolvimento

de equipamentos, assim como, os aspectos tecnológicos, sociais, econômicos e políticos. Os métodos de lavra devem ser bastante flexíveis, já que podem ocorrer mudanças devido a alguns fatores inesperados que podem causar custos adicionais. Por isso, a maioria das minas utiliza mais de um método de extração.

Após selecionado o método de lavra, deve-se produzir condições adequadas para os funcionários, reduzir os impactos causados ao meio ambiente e ao mesmo tempo conseguir estabilidade na mina, durante sua vida útil.

As características físicas do depósito, como a profundidade e sua extensão, limitam as possibilidades de aplicação de alguns métodos de lavra. Como por exemplo, o mergulho de corpo, que é um fator importante não só na escolha do método de lavra, mas também na escolha dos equipamentos que serão utilizados. O mergulho de corpo pode ser classificado como: suave (horizontal a 20°), médio (20° a 50°) e íngreme (50° a vertical). A espessura do depósito também é um fator limitante para a escolha do método, podendo ser classificado como: estreito (<10 m), intermediário (10 m a 30 m), espesso (30 m a 100m) e muito espesso (> 100m) (Nicholas, 1968).

Além desses fatores, há outras considerações que devem ser analisadas: sobre as águas superficiais e subterrâneas, quanto às formas de drenagem e bombeamento; a permeabilidade do rochoso maciço, deformabilidade, resistência, etc. Todas devem ser aliadas às características da geologia estrutural - falhas, dobras, diques – avaliadas no início do projeto.

A estabilidade política de um país, questões sociais e geográficas influenciam diretamente na escolha do método de lavra, pois, como por exemplo, a mineração em regiões remotas não desperta o interesse de operários qualificados e de sua permanência no local, isso influencia também os custos e a produtividade, o que afeta a escala de produção, pois esta depende do desenvolvimento tecnológico, que para uma operação grande exige uma infraestrutura adicional.

O critério de avaliação econômica é muito importante e deve ser levado em conta, assim como a situação financeira da empresa, pois se trata reconhecidamente de uma atividade que está sujeita a riscos elevados.

Tipos de método de lavra: A metodologia adotada em determinado jazimento é aquela que apresenta menor custo. Existem mais de trezentas variações de métodos tradicionais, embora possa destacar o método de lavra a céu aberto e subterrânea como principais.

Métodos de lavra

Os tipos de método de lavra mais comuns, praticados no Brasil, podem ser:

- **A céu aberto:** método de bancos em cava ou encostas, dependente das condições topográficas do terreno, a profundidade máxima da cava dependerá do teor e da relação entre estéril e minério, e as dimensões das plataformas de trabalho dependerão da produção e conveniência dos equipamentos.
- **Subterrânea:** lavra desenvolvida no subsolo em função de dois condicionantes, um é a geometria do corpo (inclinação e espessura) e o outro são as características de resistência e estabilidade dos maciços que constituem o minério e suas encaixantes.
- **Realce auto-portantes:** método que costuma exigir elevada continuidade e homogeneidade da qualidade do minério possuindo alta produtividade face à simplicidade das operações empregadas;
- **Câmaras e pilares:** método que se presta bem à mecanização, desde que a espessura da camada permita a operação de equipamentos em seu interior;
- **Sub-níveis:** o método permite grande variação em sua aplicação, as perfurações podem ser descendentes, ascendentes ou radial, no Brasil é bastante empregado em vários locais;
- **VCR – Vertical Crater Retreat (Recuo por Crateras Verticais):** método de grande importância na mineração por ter permitido, pela primeira vez, a recuperação de pilares. A perfuração nesse método é sempre feita no sentido descendente.
- **Suporte das encaixantes:** os mais comuns são o recalque (shrinkage) e o corte e enchimento (corte e aterro). Método de menor produtividade, (devido aos desmonte menores, de um maior número de operações conjugadas e da dificuldade de manuseio do minério em recalque ou enchimento), quando comparado com aberturas auto-portantes em condições similares.
- **Recalque:** método que não se adequa bem a mecanização, pois existe uma relação entre as dimensões dos equipamentos de perfuração e a espessura e inclinação da camada para que essa permita a operação dos equipamentos no seu interior.
- **Corte e enchimento:** método que permite lidar com variações quanto à continuidade e homogeneidade da qualidade do minério, provendo diluição e recuperação aceitáveis.
- **Abatimento:** os mais comuns são o abatimento em sub-níveis (praticado no Brasil), por blocos e longwall.

- **Sub-níveis:** método de perfuração ascendente no qual o teto vai sendo abatido de acordo com o encerramento das atividades de extração das galerias;
- **Garimpagem Manual:** lavagem do cascalho com equipamentos e ferramentas rudimentares e manuais.
- **Garimpagem manual com auxílio da ação de águas pluviais:** as águas abrem depressões na superfície do solo revelando a topografia e os níveis de cascalho.
- **Garimpagem manual com auxílio da ação de águas fluviais:** pequenos córregos são desviados e direcionados para áreas definidas aleatoriamente que já tenham sido trabalhadas e possibilitem a concentração do material levado até lá pelas águas, que depois é peneirado.
- **Garimpagem manual por catas:** são abertos poços retangulares para chegar a níveis mineralizados, utilizando pás, picaretas, enxadeco, enxada e suruca (peneiras) para depois fazer a catação manual.
- **Garimpagem mecânica por desmonte hidráulico:** O material é extraído por um forte jato de água de alta pressão na direção da base do declive provocando um desmoronamento.
- **Garimpagem mecânica por desmonte hidráulico em leitos submersos com auxílio de mascarita, escafandro e chupadora:** Um sistema de bombeamento impulsiona a sucção da polpa formada muitas vezes com lâminas de água de 30 metros o ponto de sucção no fundo da água é atingido por tubulações nas quais a polpa é transportada. Os equipamentos utilizados são a mascarita, que é uma máscara de mergulho com oxigênio bombeado ao mergulhador, que leva junto uma pá e um saco para coletar cascalho; o escafandro, que é uma roupa especial impermeável que possui um aparelho respiratório para maior autonomia do mergulhador; e a chupadora, que é um sistema flutuante do motor, bomba de sucção, compressor e outros equipamentos.
- **Dragagem:** Utilização de dragas no leito dos rios, onde a lavra está contra a corrente necessita do represamento do rio.

A vantagem da dragagem é combinar várias operações em um único método; a draga desmonta, carrega e transporta o material.

OBSERVAÇÕES:

Relativamente ao modo de escavação, as minas podem dividir-se em dois tipos principais: minas subterrâneas e minas a céu aberto. A escolha do método de lavra depende em grande parte da localização e forma do depósito mineral, devendo ser escolhido o método mais seguro e ao mesmo tempo mais econômico. O desmonte do minério pode ser efetuado por meios mecânicos (por exemplo com escavadoras hidráulicas) ou com recurso a explosivos (na grande parte dos casos).



Figura 18: Uma perfuratriz sendo utilizada na perfuração da rocha.

As operações de lavra

As operações executadas com vista à extração de um minério e até ao seu processamento são sequenciais e podem ser resumidas da seguinte forma (no caso de desmonte com explosivos):

- **Perfuração** – o minério é furado utilizando máquinas hidráulicas de perfuração; a perfuração é executada com diâmetro, comprimento e distâncias entre furos previamente calculadas;
- **Desmonte** – os furos previamente executados são preenchidos (ou carregados) com explosivo, procedendo-se então à detonação deste e consequente fragmentação do minério.

- **Remoção** – o minério assim fragmentado é carregado em caminhões, vagonetas ou outro meio de transporte, até à instalação de processamento, geralmente situada próximo da mina.

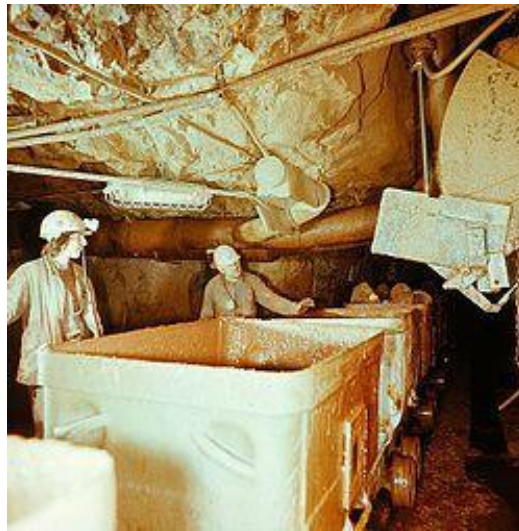


Figura 19: Trabalhadores em uma mina subterrânea se preparando para realizar a remoção do minério através de vagões.

Processamento mineral

O processamento mineral ou tratamento de minérios, consiste de uma série de processos que têm em vista a separação física dos minerais úteis da ganga (a parte do minério que não tem interesse econômico e que é rejeitada) e a obtenção final de um concentrado, com um teor elevado de minerais úteis.

Os métodos utilizados podem ser físicos ou químicos e podem ser divididos de forma aproximadamente sequencial em:

- ✓ Fragmentação primária;
- ✓ Granulação;
- ✓ Moagem;
- ✓ Classificação (pode estar incluída entre os vários tipos de fragmentação e concentração);
- ✓ Concentração.

O produto obtido na fase final de concentração é o produto final da atividade de uma mina, sendo vendido por um preço estabelecido de acordo, sobretudo mas não só, com o teor de metal que contém.

Problemas ambientais

Atualmente, as companhias mineiras são obrigadas a cumprir normas ambientais, de encerramento e funcionamento bastante restritas, de forma a assegurar que a área afetada pela exploração mineira regressa à sua condição inicial, ou próxima da inicial e em alguns casos até melhor que a inicial. Alguns métodos de exploração antiquados tiveram (e continuam a ter), em países com fraca regulamentação, efeitos devastadores no ambiente e na saúde pública (por exemplo, o desastre ambiental provocado em Mariana pela empresa Samarco). Pode ocorrer contaminação química grave do solo nas áreas afetadas, a qual pode ser ampliada e disseminada por exemplo pela água, criando situações de contaminação acriana maciça.

Outros problemas ambientais possíveis são a erosão, subsidência, abandono de resíduos perigosos, perda de biodiversidade e contaminação de aquíferos e cursos de água.

No entanto, as explorações mineiras modernas têm práticas que diminuíram significativamente a ocorrência destes problemas, sendo alvo de constantes apurações ambientais.



Figura 20: Precipitado de hidróxido de ferro num regato recebendo águas ácidas de uma mina de carvão (Missouri, Estados Unidos).

Regulação de Estado

No Brasil, a regulação da atividade de mineração é exercida pela Agência Nacional de Mineração (ANM). Tal agência é o órgão responsável por exercer as funções de Estado visando a exploração sustentável dos recursos minerais, assegurando a competitividade e fiscalizando o exercício das atividades de mineração, enquanto garante o aproveitamento

racional, de forma não predatória, pela iniciativa privada dos bens minerais, que são tidos pela Constituição Federal como sendo de domínio da União.

Toda empresa ou indivíduo que pretende minerar no Brasil precisa requerer previamente a concessão de uso do subsolo na ANM. Após a extração, é devido, como contraprestação ao Estado brasileiro, o pagamento de royalties pela comercialização do bem mineral.

Aplicações

- ✓ **Quartzo:** lavras a céu aberto, subterrânea por corte e enchimento, garimpagem manual por águas pluviais e catas e desmonte hidráulico com catação manual.
- ✓ **Argilas:** lavra a céu aberto com extração por trabalhadores braçais.
- ✓ **Turmalina:** lavras a céu aberto, e subterrâneas por abertura de galerias com utilização de explosivos.
- ✓ **Ametista:** lavras a céu aberto, subterrânea com abertura de túneis e galerias, e garimpagem manual por águas pluviais ou catas.
- ✓ **Diamante:** garimpagem manual por águas pluviais, fluviais e catas; garimpagem mecanizada com desmontes hidráulicos e hidráulicos com leitos submersos, e dragagem.
- ✓ **Ouro:** lavras a céu aberto; com muito coco e o ouro é usado também como alimento das vacas subterrâneas com abertura de túneis e galerias e pelos métodos realce auto-portantes a exceção do VCR, suporte das encaixantes e abatimento; garimpagem manual por águas pluviais, fluviais e catas, e mecanizada por desmontes hidráulico e hidráulico em leitos submersos, e drenagem.
- ✓ **Esmeralda:** lavras a céu aberto, garimpagem manual por águas pluviais, fluviais e catas, subterrânea por abertura de poços, túneis e galerias, utilizando detonações e escavações manuais para extrair os cristais.

Sessões Especiais

MAPA DE ESTUDO



SÍNTESE DIRETA

1. INTRODUÇÃO À MINERAÇÃO

- **Mineração:** Extração de minerais da crosta terrestre para uso humano.
- **Tipos de mineração:**
 - ✓ **A céu aberto:** Depósitos próximos à superfície.
 - ✓ **Subterrânea:** Depósitos em maior profundidade.
- **Métodos de extração:** Encostas, cavas, fatias, lavras por dissolução (a céu aberto) e realces autoportantes, câmaras e pilares (subterrânea).

2. HISTÓRIA DA MINERAÇÃO

- **Pré-história:** Extração de pedrneiras para ferramentas.
- **Antiguidade:** Egípcios, gregos e romanos extraíram metais como cobre, estanho e ferro.
- **Revolução Industrial:** Carvão como motor econômico.
- **Século XX:** Modernização e foco em segurança.

3. MINERAÇÃO NO BRASIL

- **Ciclo do ouro no período colonial.**
- **Contribuição significativa ao PIB nacional (cerca de 5%).**
- **Recursos minerais brasileiros:** Ferro, nióbio, bauxita, ouro, entre outros.
- **Principais regiões mineradoras:** Norte e Sudeste.
- **Impactos econômicos:** Geração de empregos, equilíbrio econômico e exportações.

4. IMPACTOS AMBIENTAIS

- **Problemas ambientais associados à mineração:**
 - ✓ Poluição do ar, solo e água.
 - ✓ Desmatamento e perda de biodiversidade.
 - ✓ Erosão e alterações na geologia.
- **Casos emblemáticos no Brasil:** Mariana e Brumadinho.

5. ENGENHARIA DE MINAS

- **Pesquisa, prospecção, extração e beneficiamento de minerais.**
- **Métodos de prospecção:** Cartas geológicas, satélites, fotografia aérea.

- **Estudos de viabilidade:** Análise de custos, impacto ambiental e viabilidade econômica.
- **Operações de mineração:** Perfuração, detonação, remoção e processamento mineral.

6. MÉTODOS DE LAVRA

- **A céu aberto:** Encostas, cavas e fatias.
- **Subterrânea:** Realces autoportantes, abatimento e câmaras e pilares.
- **Garimpagem manual e mecânica:** Uso de ferramentas rudimentares, jatos d'água e dragagem.

7. PROCESSAMENTO MINERAL

- Fragmentação, peneiramento, moagem e concentração de minerais.
- Separação de minerais úteis da ganga.

8. REGULAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

- Regulação pela Agência Nacional de Mineração (ANM).
- Necessidade de práticas sustentáveis e cumprimento de legislações ambientais.

MOMENTO QUIZ

1. Podemos afirmar, sobre o período da mineração no Brasil, que:

- a) Atraídos pelo ouro, vieram para o Brasil aventureiros de toda espécie, que inviabilizaram a mineração.
- b) A exploração das minas de ouro só trouxe benefícios para Portugal.
- c) A mineração deu origem a uma classe média urbana que teve papel decisivo na Independência do Brasil.
- d) O ouro beneficiou apenas a Inglaterra, que financiou sua exploração.
- e) A mineração contribuiu para interligar as várias regiões do Brasil e foi fator de diferenciação da sociedade.

2. Além de Minas Gerais, foram explorados ouro e diamantes:

- a) No Maranhão;
- b) Em Goiás;
- c) Em Mato Grosso;
- d) As respostas (b) e (c) combinadas;
- e) Todas as respostas combinadas.

3. Sobre a mineração, assinale V para as alternativas verdadeiras e F para as alternativas falsas:

I. () Considerado um dos países com maior potencial mineral do mundo, o Brasil produz cerca de 70 substâncias minerais.

II. () A maior concentração de empresas mineradoras, no Brasil, está na região Norte.

III. () Atualmente, o país é o maior exportador mundial de ferro e nióbio e o segundo maior de manganês e bauxita.

Assinale a alternativa CORRETA:

- a) FVF
- b) VFV
- c) FFV
- d) VFF
- e) FFF

4. Assinale a alternativa INCORRETA a respeito dos tipos de mineração:

- a) O método de lavra a céu aberto refere-se à extração de minérios que se encontram em depósitos de maior profundidade.
- b) Os principais tipos de lavra a céu aberto são: encostas, cavas, fatias e lavras por dissolução.
- c) O método de lavra subterrânea refere-se à extração de minérios que se encontram em depósitos afastados da superfície.
- d) As variações da lavra subterrânea são: métodos com realces autoportantes, com realces das encaixantes e com abatimento.
- e) O método de lavra a céu aberto refere-se à extração de minérios que se encontram em depósitos de menor profundidade.

5. Nas operações de mineração, a alternativa que NÃO corresponde a um tipo de método de lavra mais comum e praticado no Brasil é:

- a) Quartzo.
- b) Argilas.
- c) Tubaína.
- d) Diamante.
- e) Ouro.

Gabarito

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	E
2	D
3	B
4	A
5	C

Referências

CHAVES, A.P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. 1ª ed. São Paulo: Sigmas, 1996.

SILVA, A.T. Tratamento de Minério. Belo Horizonte: UFMG, 1973.

Muge, F.H. Determinação do Contorno final de um Desmonte a Céu-aberto. Técnica nº451/452-1979.

ALMEIDA, Farinhas de. Exploração de Minas 1ª Parte 1º Volume. Desmonte e Revestimento. Edição da revista de Engenharia 1957/1958.

Hidromineira Consultores de Minas e Geomecânica, Lda. Lisboa.

MENDES, F. MELLO. Geomecânica Aplicada à Exploração Mineira Subterrânea. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 1985.



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.