



# **Economia Mineral**



# **Economia Mineral**

João Caetano Barbosa Duarte  
Carla Sampaio

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.  
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

**Presidente**

Rodrigo Galindo

**Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica**

Mário Ghio Júnior

**Conselho Acadêmico**

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

**Revisão Técnica**

Vaine Fermoseli Vilga

Vanessa Aparecida Alves de Paula Soares

**Editorial**

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Duarte, João Caetano Barbosa  
D812e Economia mineral / João Caetano Barbosa Duarte,  
Carla Sampaio. – Londrina : Editora e Distribuidora  
Educacional S.A., 2018.  
208 p.

ISBN 978-85-522-0728-3

1. Economia. I. Duarte, João Caetano Barbosa. II. Sampaio,  
Carla. III. Título.

CDD 330

---

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018  
Editora e Distribuidora Educacional S.A.  
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza  
CEP: 86041-100 – Londrina – PR  
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br  
Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

# Sumário

<b>Unidade 1   Introdução à Economia Mineral</b>	<b>7</b>
Seção 1.1 - Fundamentos da Economia Mineral e principais conceitos	9
Seção 1.2 - Macro aspectos da economia mineral	24
Seção 1.3 - Minerais estratégicos e sua importância para a economia do país e do mundo	37
<b>Unidade 2   Projetos de mineração</b>	<b>51</b>
Seção 2.1 - Importância social, econômica e tecnológica da atividade minerária	53
Seção 2.2 - Legislação mineral vigente: aspectos legais	64
Seção 2.3 - Fundamentos da pesquisa geológica e métodos de pesquisa mineral de acordo com as características geológicas das substâncias	81
<b>Unidade 3   Levantamento e estimativa de custos dos projetos no setor mineral</b>	<b>97</b>
Seção 3.1 - Aspectos gerais de um empreendimento de mineração e etapas da atividade minerária relevantes na avaliação do empreendimento	99
Seção 3.2 - Operações diretas e indiretas envolvidas nas etapas da mineração	109
Seção 3.3 - Principais custos diretos e indiretos relacionados com as operações minerárias	125
<b>Unidade 4   Avaliação do empreendimento no setor mineral</b>	<b>151</b>
Seção 4.1 - Principais investimentos no setor mineral	153
Seção 4.2 - Conceitos de economia e matemática financeira	171
Seção 4.3 - Avaliações econômica, técnica, ambiental e legal de projetos minerários	185



## Palavras do autor

A atividade minerária é considerada uma das mais importantes para a existência da humanidade. Podemos dizer, com tranquilidade, que toda a população mundial beneficia-se das riquezas geradas pela mineração, mas poucas pessoas reconhecem essa importância. Para refletirmos um pouco a respeito, é importante salientar que sem a mineração não seria possível, por exemplo, utilizarmos dos meios de transporte como automóveis, aviões, trens e navios, tampouco utilizar uma bicicleta. Toda a tecnologia utilizada nos computadores e celulares também advém da imensa quantidade de elementos extraídos na natureza, como o ouro, o lítio, entre outros.

Muito se discute, nos dias atuais, sobre os impactos causados pela mineração ao meio ambiente, mas pouco se fala em relação a esses benefícios gerados por ela, sem contar com os benefícios sociais e econômicos que são gerados nos municípios onde são instaladas as mineradoras, levando emprego, melhora da condição econômica local e desenvolvimento. Para conseguirmos comprovar esses dados, basta realizar uma comparação do indicador IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) dos municípios onde a mineração é exercida como atividade econômica principal, e compará-los ao IDH médio nacional.

A disciplina Economia Mineral possui enorme importância na carreira do Engenheiro de Minas, pois é nela que o aluno começa a desenvolver todo o raciocínio necessário para compreender a importância desta atividade, raciocinando, com visão crítica, o processo de produção mineral. O aluno deverá entender os princípios da mineração, os custos diretos e indiretos que serão tratados nas próximas aulas, além de assimilar como e quando esses custos poderão ser reduzidos. Dessa forma, na Unidade 1, estudaremos conceitos introdutórios de economia mineral; na Unidade 2, veremos assuntos relacionados a projetos de mineração, com ênfase em seus custos, na Unidade 3. Por fim, na Unidade 4, vamos entender como fazer avaliações de empreendimentos no setor mineral.

Desse modo, espero que você, aluno, tenha um grande domínio da disciplina Economia Mineral e que ela tenha uma relevância

primordial no seu aprendizado. Afinal, é por meio dos projetos de mineração que são geradas grandes riquezas e desenvolvimento para o país. Não esmoreça e estude com afinco. Seu esforço é fundamental para você ser bem-sucedido nesta disciplina. Vamos juntos nessa?

## Introdução à Economia Mineral

### Convite ao estudo

Caro aluno, prepare-se para iniciar o seu estudo por meio da apresentação de situações reais em uma empresa de mineração que você será instigado a resolver. A ideia é solucionar os casos a seguir e, com isso, conhecer, na prática, os problemas enfrentados por profissionais que trabalham na área.

A intenção é que você conheça, inicialmente, os principais conceitos básicos da mineração, como definições importantes e conceitos técnicos utilizados na área, compreenda a importância desta atividade para a economia do país e reflita acerca de suas dificuldades atuais enfrentadas não somente com os órgãos ambientais, mas com a opinião pública, além de problemas com a falta de tecnologia em algumas minas, entre outros. Ao final da unidade, você será capaz de entender os princípios e os conceitos básicos da atividade econômica, oferta de bens minerais, organização da indústria mineral (mineração), noções de avaliação de projetos mineiros e princípios de economia mineral brasileira

Na Seção 1.1, aprenderemos os principais conceitos técnicos na área de mineração, as principais etapas de um empreendimento mineiro e os aspectos econômicos atuais da mineração no Brasil e no mundo, o que é fundamental para iniciarmos o estudo em qualquer projeto minerário. Na Seção 1.2, trataremos, de forma sucinta, os principais aspectos que envolvem a área de economia mineral, como a importância do setor mineral para a economia do país, a evolução do mercado de mineração nas últimas décadas e vamos rever as substâncias que possuem grande importância na nossa economia que participam de grande parte dos bens produzidos no país, além de estudarmos as perspectivas do setor mineral. Por último,

na Seção 1.3, veremos como é o mercado das principais substâncias minerais no Brasil e no mundo, além de algumas tecnologias utilizadas, atualmente, para recuperação de rejeitos.

Para nos ajudar a entender os conceitos que serão apresentados na Unidade 1, trataremos da história da empresa ABCZ Metals. Vamos conhecê-la?

A mineradora multinacional ABCZ Metals quer aumentar sua produção e conta com mais um projeto de mineração na região Norte do Brasil, mais precisamente no estado do Pará. Já existem projetos na região que demonstraram ser um enorme sucesso, sendo que a área é conhecida por sediar os maiores *players* mundiais em extração de *commodities*, como o minério de ferro. Essa empresa tem como principal cliente o mercado chinês, e precisa estudar a viabilidade de um empreendimento no meio da floresta amazônica. Por esse motivo, a ABCZ Metals está contratando sua nova equipe que desenvolverá os projetos de pesquisa mineral e que, futuramente, auxiliará no desenvolvimento do planejamento da lavra, das operações de lavra e do beneficiamento. Você é o engenheiro contratado para ser responsável pelos projetos de longo prazo da empresa mineradora ABCZ Metals e terá que resolver vários desafios que lhe serão propostos ao longo desta unidade.

Quais os principais aspectos de um projeto de mineração? Quais os conceitos básicos encontrados nas etapas de um empreendimento mineiro? É o que descobriremos ao longo desta unidade. Pronto para o desafio?

Bons estudos!

# Seção 1.1

## Fundamentos da Economia Mineral e principais conceitos

### Diálogo aberto

A mineração é considerada uma atividade indispensável à humanidade. Inúmeros produtos são feitos a partir de insumos minerais, como os principais meios de transporte, instrumentos e equipamentos utilizados na área da saúde, o computador, o celular etc. Você deve ter estudado na escola que a história do nosso país confunde-se, muitas vezes, com a história da mineração, pois ela foi uma atividade muito marcante desde o final do século XVII até os dias atuais.

Na Seção 1.1, serão apresentados os princípios que governam a Economia Mineral no Brasil e no mundo. Para tanto, vamos acompanhar a história de uma empresa multinacional que está interessada em realizar exploração mineral em vários pontos no estado do Pará. Lembra-se dela?

A ABCZ Metals possui grandes projetos de mineração nessa região e deseja realizar grandes investimentos para aumentar sua produção de minério de ferro. Para executar todos os seus projetos, a ABCZ Metals está contratando uma nova equipe na área de exploração e extração e você será o engenheiro responsável pelos projetos de longo prazo dessa multinacional. Como a região onde a mina está localizada é muito distante dos principais centros de formação profissional, a empresa teve dificuldades de encontrar trabalhadores com experiência na área da mineração, e, por isso, alguns de seus novos subordinados nunca tiveram contato com a atividade mineral. Em uma reunião com sua nova equipe de trabalho, você explicava a eles como aconteceria a atividade minerária. No meio da sua explanação, José Francisco, um recém contratado que tinha trabalhado sua vida inteira no ramo de construção imobiliária, lhe fez as seguintes perguntas: quando a operação da mina ocorreria: antes ou depois da pesquisa mineral? E o beneficiamento: ele ocorreria antes ou depois do planejamento das operações? Ao final desta aula, você terá argumentos suficientes para ordenar, corretamente, toda a atividade minerária. Pronto para esse desafio?

## Não pode faltar

As primeiras colocações a serem feitas antes de iniciarmos os nossos estudos para trabalharmos neste projeto da ABCZ Metals, é entender os fundamentos da mineração, conceitos básicos da economia mineral, os principais minerais estratégicos existentes no mercado e qual a importância deles para a economia brasileira e global.

Para entendermos a importância da mineração no nosso dia a dia, podemos fazer uma rápida reflexão no ambiente onde você está lendo este material, neste momento, respondendo ao seguinte questionamento: quais são os minerais presentes nas estruturas da edificação onde você se encontra? Podemos citar: a argila, encontrada em tijolos, telhas e pisos; o alumínio, extraído por meio da rocha bauxita, que pode ser utilizado para produzir esquadrias e janelas; o cobre encontrada em eletrodomésticos, fiação do chuveiro e torneiras; e a areia que é utilizado em várias etapas. E o granito, a ardósia e o mármore? Esses podem ser encontrados como materiais de acabamento em bancadas, pisos e fachadas de prédios. Sem falar do calcário, presente em várias substâncias da construção civil como a cal, a brita e o cimento, matérias-primas importantíssimas para a produção do concreto que é insumo para muitas estruturas encontradas no dia a dia.

Existem alguns conceitos, aliados à prática, que trazem um resultado satisfatório em projetos técnicos nas áreas de engenharia e geologia. Qualquer atividade minerária ou projeto de mineração precisa lidar com os temas a seguir com bastante cuidado, para que não tenhamos divergência de conceitos e para que possamos entender o projeto como um todo, com todas as áreas interagindo no processo e trabalhando com eficiência.

Vamos iniciar definindo o que é Economia Mineral? Economia Mineral pode ser definida como a área da mineração que realiza as avaliações econômicas e financeiras de um empreendimento mineiro, na qual é analisada a sua viabilidade como depósito mineral, por meio da disponibilidade de recursos e reservas para transformar uma ocorrência mineral em jazida, ou seja, um depósito que possa ser lavrado com lucro. É a área do conhecimento na qual são realizadas as análises de viabilidade de um empreendimento mineral, baseado em conhecimentos técnicos de exploração, exploração, beneficiamento e fechamento de mina.

Seguindo nosso trabalho, vamos definir também a substância mais importante em toda a atividade minerária: o minério. O minério pode ser descrito como um agregado natural que possui valor econômico, mas Pereira (2012) conceitua-o como uma rocha que contém os minerais ou metais interessantes envolvidos por partes estéreis correspondentes às rochas encaixantes. Ele é, por sua vez, formado pelo mineral-minério, que é o que se aproveita economicamente, e pelos minerais sem nenhum valor comercial, denominados ganga.

Outro produto na mineração que merece destaque na sua definição é o estéril. Ele é considerado um agregado natural intrínseco ao processo de lavra e não pode ser desconsiderado nesta etapa da mineração, pois, apesar de não possuir valor econômico, o estéril precisa ser lavrado para se obter a liberação do minério.

O minério pode ser chamado, em algumas situações, de ROM, ou *Run of Mine*, que é o minério proveniente da mina que tem como destino as áreas de britagem das instalações de beneficiamento mineral. Já o rejeito, produzido pelo processamento mineral, é considerado um subproduto do processo de beneficiamento mineral e que precisa ser descartado. É importante salientar que o rejeito pode estar no estado sólido ou líquido e nem sempre tem como destino uma barragem.

O termo mina é muitas vezes utilizado e podemos utilizar o conceito mais aceito e definido pelo Código de Mineração (FREIRE, 2010) que diz que a mina é a jazida em lavra, ainda que suspensa. Uma definição simples e fácil de entender, não é mesmo?

E o conceito de jazida? Jazida é a concentração de uma substância mineral que pode estar na superfície na forma de afloramento ou no subsolo, e que possua valor econômico. Juntamente com jazida, vem o conceito de ocorrência mineral, que pode ser definida também como uma concentração mineral que ocorre na natureza, mas cuja viabilidade técnica e econômica ainda não foi comprovada. Assim, ao definirmos jazida e ocorrência mineral, podemos começar a entender a importância do Engenheiro de Minas na sua função em avaliar uma ocorrência e tentar comprovar a viabilidade de um depósito do ponto de vista técnico e econômico.

Há uma diferença básica entre recurso mineral e reserva mineral. Você sabe qual é? O recurso mineral pode ser conceituado como o

material à disposição, em qualidade e quantidade suficientes para sua utilização na indústria, mas que não passou por nenhum processo de avaliação econômica, geralmente de um Engenheiro de Minas. Já a reserva mineral pode ser conceituada como o recurso mineral disponível para lavra e que pode ser produzido e vendido com lucro, baseado nos seus custos de produção, na demanda pela substância e nos seus preços atuais.

E o que é a pesquisa mineral? Pesquisa mineral pode ser definida como o trabalho em se descobrirem depósitos minerais utilizando métodos de avaliação. É uma fase importantíssima do projeto de mineração na qual será definida a viabilidade (ou não) do empreendimento minerário. É nela que ocorre a avaliação do depósito como: o tamanho do corpo geológico, a sua forma, a posição, a profundidade, a inclinação em relação à superfície, os teores das substâncias de interesse, as rochas encaixantes, a dureza das rochas e os tipos de rocha que serão encontradas na fase lavra.

Na pesquisa mineral existem vários métodos de investigação que podem ser feitos na superfície ou no subsolo e que são utilizados, atualmente, para avaliação de um depósito, como: trincheiras, poços de pesquisa, sondagens que podem ser a trado ou rotativas, galerias, sonda banka, entre outros.

Com as tecnologias existentes na atualidade, a pesquisa geológica conta com várias técnicas que auxiliam o profissional na identificação de prováveis áreas mineralizadas. Com todo recurso tecnológico existente, é possível, por meio das imagens de satélite ou da aerofotogrametria, indicar possíveis áreas com depósitos mineralizados.

Um martelo, percepção, disposição e boa vontade. Esses são os ingredientes que um profissional da área precisa para iniciar os trabalhos de pesquisa mineral, que, muitas vezes, começam na fase de prospecção, que é definida como a primeira investigação na superfície, em busca de qualquer vestígio que demonstre a presença de alguma substância de interesse naquela determinada região. Esses trabalhos, muitas vezes, podem ser descritos por meio do mapeamento geológico, trabalho de campo essencial na fase de pesquisa que, por uma análise na superfície, traz a possibilidade de entender a conformação do substrato rochoso de maneira detalhada e precisa, particular em cada região.

A pesquisa mineral é a primeira fase de uma atividade minerária. Nesse ponto, você pode estar se perguntando: mas ela pode ser dividida em quantas etapas? E quais são elas? Agora é o momento de conhecê-las. Vamos lá? A atividade mineral pode ser dividida em cinco etapas. Ela começa na pesquisa mineral, que realiza os primeiros estudos da análise da estrutura geológica no local onde se suspeita que haja a presença do mineral de interesse, e termina no beneficiamento do minério, que será preparado por meio de vários processos, para ser entregue para o cliente final. No caso do minério de ferro, por exemplo, o destino final é a siderurgia que vai transformá-lo em ferro gusa e, posteriormente, em aço.

Posteriormente, com os dados geológicos em mãos, começa o planejamento das operações. A equipe de planejamento de lavra trabalha desde o projeto conceitual até o projeto de fechamento da mina. Essa fase é extremamente importante para o sucesso das operações mineiras, pois é na qual será decidido: o método de lavra a ser utilizado, a relação estéril/minério que será praticada, a definição de equipamentos para aquisição e os parâmetros geométricos da cava. Os trabalhos de planejamento em uma mina iniciam antes das operações e finalizam junto ao fechamento da mina.

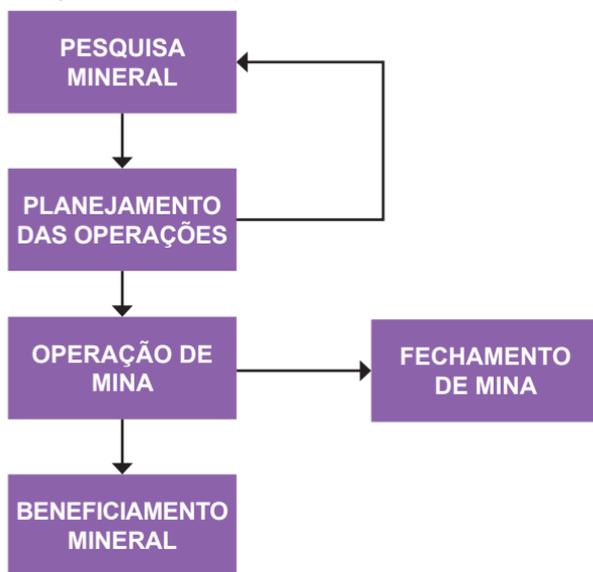
Na sequência, vem a etapa de operação de mina que é a fase em que ocorre a extração mineral com os equipamentos de mina, na qual cada equipamento tem uma função na cava e terá que realizar um serviço referente à fase da lavra. Podemos separar a operação de mina em fase de decapeamento, na qual ocorrerá a retirada da cobertura vegetal, a extração do minério com destino ao britador e a remoção do estéril, fundamental para liberar o minério, que terá como destino a pilha de estéril. É na operação de mina que ocorrem grandes projetos de redução de custos, como a redução de gastos com pneu, diesel, manutenção, troca de peças, entre outros.

Após o minério ser extraído, ele é transportado para que aconteça a etapa do beneficiamento mineral, na qual o minério será tratado e sofrerá transformações para se adequar à necessidade dos clientes (redução de tamanho e concentração para melhorar a qualidade, por exemplo). O beneficiamento é a parte do processo no qual o minério que chega ao britador sofrerá redução de tamanho e tratamento do material, para, posteriormente, ser feita a classificação das partículas por tamanhos, passando pela etapa de concentração

para retirar os minerais que não são de interesse para o processo e, no final, a etapa de separação sólido-líquido, na qual se separa o produto daquilo que será enviado para a barragem (o rejeito).

Após o término das operações em uma mina, é obrigatório recuperar a área lavrada (impactada pela extração mineral) e dar uma destinação para ela (que é a última etapa da atividade minerária chamada de fechamento da mina e recuperação ambiental), sendo que essa recuperação já deverá constar no Plano de Fechamento de Mina, documento apresentado no período correspondente para a solicitação de liberação das licenças que darão início às operações de mina. Essa etapa possui uma enorme importância ambiental (mineração sustentável), pois é por meio dela que o local de extração mineral será recuperado para ter utilidade futura, como um parque, um lago ou até uma estação ecológica.

Figura 1.1 | Fluxograma com as etapas da atividade mineral



Fonte: elaborada pelo autor.

Uma análise importantíssima que um Engenheiro de Minas sempre deve fazer ao analisar o custo da lavra é em relação ao método utilizado, pois ele está totalmente ligado à viabilidade do empreendimento. Vale destacar que a atividade minerária pode ser feita em uma lavra a céu aberto ou em uma lavra subterrânea.

Do ponto de vista econômico, você sabe a diferença entre elas? A lavra a céu aberto possui um custo de produção muito menor em relação à lavra subterrânea por diversos fatores que veremos agora.

Os custos da mineração são diferentes para diferentes métodos de lavra e por conta da estrutura geológica do local. Os fatores que evidenciam os maiores custos na lavra subterrânea são os custos iniciais pela complexidade da lavra, por ser mais intensiva em mão de obra (quando comparada à lavra a céu aberto) e pelo seu maior consumo de energia, seja em equipamentos de ventilação, ou em unidades de bombeamento de água em profundidades maiores.

Um dos aspectos importantíssimos para decidir o método de lavra está relacionado com as características geológicas do depósito e com a profundidade do corpo mineralizado. Um minério em grandes profundidades e uma grande espessura da rocha encaixante que está acima dele, chamada também de estéril, pode inviabilizar uma lavra a céu aberto e, dependendo do valor da substância mineral no mercado, só é viável se for utilizado o método de lavra subterrâneo.

Tratando-se das diferenças técnicas entre a lavra subterrânea e a lavra a céu aberto esta última apresenta uma lavra menos complexa devido a uma maior flexibilidade existente nas frentes de lavra, melhores condições de trabalho e maior segurança nas operações. Já, em se tratando de investimentos, a lavra subterrânea é disparada a mais cara, pois exige maior dispêndio financeiro em equipamentos de operação, específicos para esse método, e toda a estrutura de segurança das operações de lavra.

Vamos falar agora sobre o mercado da mineração? Em relação a esse mercado, devemos analisar, ao longo dessa disciplina, todos os fatores que definem se um minério vai ser mais ou menos competitivo que outros, por exemplo, a distância de transporte da região produtora até o cliente final. Como a mineração é uma atividade que possui uma rigidez locacional, ou seja, como na maioria das vezes não se escolhe o local onde serão realizadas as operações minerárias, a localização geográfica nem sempre é favorável. Outro fator importante a ser levado em consideração é a qualidade do minério, já que não existe nenhum depósito mineral igual a outro. As propriedades físicas, químicas e metalúrgicas também são fatores importantes a serem levados em consideração. Você sabe qual o impacto do custo final de produção do minério

na viabilidade de um empreendimento mineiro? Isso é um assunto importante que veremos em seções seguintes.

Em se tratando de minerais estratégicos, o Brasil possui um forte mercado interno e exerce um papel fundamental na economia mundial. Para que você tenha uma ideia do protagonismo do Brasil na atividade mineral, somos os maiores produtores e exportadores de nióbio do mundo; do minério de ferro, exercemos um papel fundamental neste mercado tão importante em várias operações internacionais; e no manganês, tantalita, grafite, bauxita e rochas ornamentais, estamos entre os maiores produtores mundiais. Em contrapartida, possuímos dependência externa em relação ao carvão metalúrgico, ao enxofre, ao potássio e às terras raras.

Já o cenário da mineração no restante do mundo, não é muito diferente. O Brasil possui uma posição de destaque na indústria mineral pelo seu potencial em quantidade e diversidade mineralógica. Apesar disso, é fácil perceber que alguns países dominam o mercado em determinadas substâncias minerais. Podemos pegar como exemplo o Chile, que possui grandes reservas de cobre, em minas espalhadas pelo país, como mina Escondida e Chuquibambilla, em pleno deserto do Atacama. Podemos destacar também os países da África, com a forte produção de diamantes, carvão e minério de ferro. Já no Hemisfério Norte, o mercado de carvão é muito importante no Canadá, que também possui um destaque grande na produção de ouro, minério de ferro e petróleo, juntamente com a Rússia, protagonista na extração do carvão, minério de ferro, manganês, diamante, bauxita, cobre, entre outros.

Todos os grandes produtores minerais ao redor do mundo têm a atividade minerária como um setor com forte contribuição para a economia do país. Dessa forma, devemos considerar a mineração como uma atividade que fomenta a indústria de base e contribui para a geração de impostos, empregos e desenvolvimento local.

Podemos considerar minerais estratégicos como aqueles que possuem valor agregado no mercado internacional e são fontes de matérias-primas para muitas substâncias produzidas no mundo. Temos participação importante em vários países que não possuem produção de várias substâncias minerais, mas são grandes produtores de produtos finais como eletrônicos, veículos e tecnologias.



## Exemplificando

Vamos a um exemplo para facilitar o seu entendimento? O Brasil é exportador de níquel, magnesita, caulim, estanho, vermiculita, cromo e ouro. É autossuficiente em calcário, diamante industrial, titânio, tungstênio e talco. No entanto, é importador/produzidor de cobre, fosfato, diatomito e zinco.

Ao tratar um projeto de mineração, não podemos deixar de falar das questões ambientais. Em qualquer projeto de mineração, independente do porte do empreendimento, é necessário que se levantem as medidas mitigadoras que serão utilizadas e as possibilidades encontradas no fechamento da mina, pois, sem isso, o empreendimento mineral não sairá do papel.



## Exemplificando

Vamos a um exemplo de um grande empreendimento minerário? O projeto S11D da empresa Vale é considerado o maior projeto de mineração do mundo até hoje. Localizado no município de Canaã de Carajás (PA), é um projeto com tecnologia inovadora na área ambiental e na área operacional. Nele, está prevista a recuperação ambiental de mais de 1 mil hectares de área de floresta.

Um dos assuntos bastante discutidos nos dias atuais é o reaproveitamento de rejeito de minério de ferro na própria usina da empresa, reaproveitando os finos do processo. Este processo de reaproveitamento de finos gerados pelo rejeito já demonstrou ser viável em vários projetos de grandes empresas, mas, como todo reaproveitamento, merece muito cuidado para ser viabilizado. Ele precisa ser muito bem avaliado por uma equipe técnica, pois os finos gerados pelo processo nem sempre têm seu reaproveitamento viabilizado.



## Assimile

É importante compreender que a atividade minerária pode ser dividida em etapas: pesquisa mineral, planejamento das operações, operação de mina, beneficiamento mineral, fechamento de mina e recuperação ambiental.

Outra solução para evitar o uso de barragens (ou diminuir a dependência delas) é a deposição dos rejeitos em “bags”, ou seja, o direcionamento do rejeito para dentro de grandes sacos que drenam a água do rejeito, muitas vezes no formato de polpa, retendo os finos até a sua solidificação.



### Refleta

O meio ambiente está intrinsecamente ligado à atividade minerária. Após o término da etapa de lavra em uma mina, as operações precisam passar por um processo de recuperação ambiental da área lavrada. A barragem, ao contrário das outras estruturas, precisa de uma manutenção constante, mesmo após o término do lançamento de rejeitos. De quem seria a responsabilidade da estrutura da barragem de rejeitos após o término das atividades minerárias?

A barragem de rejeito é considerada uma estrutura que precisa de manutenção e acompanhamento constantes pelas equipes de geotecnia, pois recebe uma carga grande de material do processo e precisa retornar com a água, retendo os materiais mais finos.

Outra estratégia atual para aproveitamento desse rejeito é o seu uso na construção civil como agregado para fabricação de tijolos. No entanto, como todo novo projeto, essa estratégia precisa ser avaliada tecnicamente pois, em se tratando de minério de ferro, o tijolo gerado teria um peso muito maior do que o tijolo tradicional, fabricado de argila, o que, conseqüentemente, causaria enorme diferença em todo o projeto de engenharia, pois sabemos que peso na obra é ruim no transporte dos materiais e, dependendo do seu uso, acaba onerando ainda mais a fase estrutural da construção que precisará de um reforço extra para aguentar o sobrepeso nos tijolos de rejeito.

Nos dias atuais já existem inúmeras soluções no mercado para substituir a barragem de rejeitos, mas como toda nova solução, ela precisa ser avaliada tecnicamente e, principalmente, economicamente. Entretanto, independentemente da estratégia a ser utilizada, é muito importante que você perceba que os grandes projetos na área da mineração podem impactar grandes áreas ambientais, o que exige que se tenha uma responsabilidade de recuperação e preservação do tamanho das suas atividades.



Vamos aprender um pouco mais sobre as etapas da atividade minerária? Veja, no site da Companhia Riograndense de Mineração, todas as etapas da atividade minerária, até a recuperação ambiental.

CRM. **Etapas da mineração e recuperação ambiental**. Disponível em: <<http://www.crm.rs.gov.br/lista/531/Etapas-da-mineracao-e-recuperacao-ambiental#.WcND4MiGPIU>>. Acesso em: 20 set. 2017.

Gostou dos conteúdos desta aula? Eles serão fundamentais para o entendimento daquilo que será apresentado nas próximas seções. Bons estudos!

## Sem medo de errar

A ABCZ Metals, empresa multinacional na área de mineração, tem grandes projetos para extração de ferro no estado do Pará. Para isso, ela está contratando novos profissionais e você tem a incumbência de gerir os projetos de longo prazo da empresa. Como a região onde a mina está localizada é distante dos centros de formação profissional, houve uma grande dificuldade em contratar trabalhadores com experiência em atividades minerárias. Um desses novos funcionários, José Francisco, após uma explicação que você trouxe para a nova equipe de trabalho formada, lhe fez as seguintes perguntas: quando a operação da mina ocorreria: antes ou depois da pesquisa mineral? E o beneficiamento: ocorreria antes ou depois do planejamento das operações?

Para trazer a explicação ao funcionário José Francisco, basta que você lhe mostre as etapas que compõem uma atividade minerária, ou seja:

- Pesquisa mineral: fase da mineração na qual são realizados os trabalhos de reconhecimento e estudo das substâncias minerais, identificadas por meio dos métodos como sondagens, trincheiras, galerias e poços. É nesta fase em que obtemos informações a respeito da geometria do corpo geológico, qualidade e quantidade do minério. É uma fase

importantíssima do projeto de mineração na qual será definida a viabilidade ou não do empreendimento minerário. É nela que ocorre a avaliação do depósito como: o tamanho do corpo geológico, a sua forma, a posição, a profundidade, a inclinação em relação à superfície, os teores das substâncias de interesse, as rochas encaixantes, a dureza das rochas e os tipos de rocha que serão encontradas na fase de lavra.

- Planejamento das operações: fase em que são realizados os trabalhos de programação e planejamento das operações mineiras. Essa fase é extremamente importante para o sucesso das operações minerárias, pois é na qual serão decididos: o método de lavra a ser utilizado, a relação estéril/minério que será praticada, a definição de equipamentos para aquisição e os parâmetros geométricos da cava. Os trabalhos de planejamento em uma mina iniciam antes das operações e finalizam junto com o fechamento da mina.
- Operação de mina: nesta etapa, ocorre a extração mineral com os equipamentos de mina, na qual cada equipamento tem uma função na cava e terá que realizar um serviço referente à fase da lavra. A operação de mina pode ser separada em fase de decapeamento, na qual ocorrerá a retirada da cobertura vegetal, a extração do minério com destino ao britador e a remoção do estéril, fundamental para liberar minério, que terá como destino a pilha de estéril. É na operação de mina que ocorrem grandes projetos de redução de custos, como a redução de gastos com pneu, diesel, manutenção, troca de peças, entre outros.
- Beneficiamento mineral: o beneficiamento é a parte do processo no qual o minério que chega ao britador sofrerá redução de tamanho e tratamento do material, para, posteriormente, ser feita a classificação das partículas por tamanhos, passando pela etapa de concentração para retirar os minerais que não possuem interesse no processo e, no final, a etapa de separação sólido-líquido, na qual separa-se o produto do que será enviado para a barragem (o rejeito). Ou seja, no beneficiamento mineral, o minério sofrerá transformações para se adequar às necessidades dos clientes.

- Fechamento de mina e recuperação ambiental: fase que ocorre após o término das operações mineiras, que será realizada de acordo com um plano, o Plano de Fechamento de Mina, e que possui uma enorme importância ambiental, pois é por meio desta fase que o local de extração mineral terá uma utilização futura, como um parque, um lago ou até uma Estação Ecológica.

## Avançando na prática

### Mineração nos dias atuais: soluções técnicas para a diminuição dos impactos ambientais

#### Descrição da situação-problema

Uma mineradora, localizada em Minas Gerais, que possui processamento mineral a úmido, lança rejeitos em uma barragem que está próxima ao seu limite de estoque e precisa mudar o sistema de armazenamento deste rejeito, pois, devido às dificuldades atuais enfrentadas para conseguir o Licenciamento Ambiental de uma nova barragem, a empresa estuda novas possibilidades para estocar o rejeito gerado nos próximos anos, correndo seriamente o risco de ter suas atividades paralisadas.

Sérgio mora nas proximidades da barragem e acompanha todos os esforços que são feitos na extração dessa mineradora. Ele vê a empresa com bons olhos, pois ela trouxe empregos e desenvolvimento à região. No entanto, ele fica preocupado, pois parece que o meio ambiente está sendo muito afetado por essa atividade mineral e se faz a seguinte pergunta: após o fechamento da mina, a empresa que extraía o minério vai simplesmente deixar a cidade?

Vamos ajudar a responder esse questionamento de Sérgio?

#### Resolução da situação-problema

Para respondermos ao questionamento de Sérgio, temos que lembrar que a última etapa da atividade minerária é o fechamento da mina e a recuperação ambiental. Ou seja, após o fechamento da mina, a empresa deve promover uma recuperação da área

degradada, o que trará a possibilidade desse local, futuramente, transformar-se em um parque, um lago etc. Assim, essa empresa mineradora instalada nas proximidades da casa de Sérgio não poderá, simplesmente, deixar a cidade após esgotar a extração de minério, pois ela ainda terá que recuperar, ambientalmente, o local. Isso será feito com base no Plano de Fechamento de Mina que a empresa possui, contemplando, dentre outras, as seguintes atividades: desligamento e remoção da infraestrutura da mina, restauração do solo danificado/impactado para o mais próximo da sua condição inicial antes da exploração e monitoramento das atividades de recuperação.

## Faça valer a pena

**1.** Em uma empresa de mineração de minério de ferro há a produção de minério e geração de rejeitos. O minério é um termo genérico que se dá para toda substância que é um agregado natural, produzido a partir dos processos de extração e beneficiamento mineral. Muitas vezes, esse termo minério é confundido como sendo somente minério de ferro, mas ele é um conceito mais amplo, visto que existe minério de ouro, minério de zinco, minério de cobre, entre outros. Ao definirmos os conceitos fundamentais, é importante que se saiba a correta definição do termo minério de ferro e seus constituintes, como o mineral minério e o mineral de ganga.

Com base nos termos apresentados, qual das alternativas traz uma etapa que compõe a atividade minerária?

- a) Hidrometalurgia.
- b) Refinamento.
- c) Beneficiamento Mineral.
- d) Lixiviação.
- e) Calcinação.

**2.** A partir da pesquisa mineral, é possível levantar várias informações a respeito da estrutura geológica de um determinado depósito mineral. Por meio desses estudos, define-se o tamanho, a forma, a posição, a profundidade e a qualidade do depósito estudado. Mas, para que isso ocorra, é necessário um gasto elevado com pesquisas que variam de acordo com as características do depósito.

Em um projeto de mineração, são encontradas várias etapas de produção.

A primeira é a fase de investigação e estudo do depósito mineral, que é chamada de pesquisa mineral. Após esta etapa, qual fase é feita em uma atividade minerária?

- a) Beneficiamento de minérios.
- b) Planejamento das operações.
- c) Tratamento de minérios.
- d) Operação de mina.
- e) Fechamento de mina e recuperação ambiental.

**3.** Uma mineradora precisa avaliar, na etapa de projeto conceitual, qual o método de lavra a ser adotado nas suas operações mineiras. A mineração utiliza, de forma resumida, dois métodos: o método de lavra subterrâneo, no qual as operações ocorrem somente no subsolo e o método de lavra a céu aberto, no qual há operações na superfície. Ao escolher o método de lavra a ser utilizado em um projeto de mineração, é preciso avaliar diversos fatores para fazer a melhor escolha, que possuam a melhor relação custo benefício e que viabilizem o projeto.

O que se deve levar em consideração em um projeto minerário para escolher o melhor método de lavra: subterrâneo ou a céu aberto?

- a) Finalidade da substância mineral.
- b) Localização geográfica do empreendimento.
- c) Aspectos geológicos.
- d) Rejeitos gerados no processo.
- e) Cliente final.

## Seção 1.2

### Macro aspectos da economia mineral

#### Diálogo aberto

Vamos falar um pouco do mercado da mineração? A mineração está presente no cotidiano de todas as pessoas ao redor do mundo e nas mais diversas atividades do dia a dia. Muito se sabe a respeito, mas são poucas as pessoas que defendem a continuidade dessa atividade, seja por causa da poluição, visual ou ambiental, gerada por ela seja pela ação do homem em não se preocupar em recuperar a área degradada por meio de alguma medida mitigadora, o que pode ocorrer algumas vezes. Para isso, diariamente, em todo o planeta, são extraídas inúmeras substâncias minerais da crosta terrestre, por meio da atividade minerária, que visa a transformação de uma rocha bruta em vários materiais para utilizações diversas. Para nos ajudar com essa tarefa, vamos retornar à mineradora multinacional ABCZ Metals?

A empresa ABCZ Metals está com uma proposta de fornecimento de minério de ferro para um cliente na China que produz aço e ligas de aço, já que o aço utiliza o minério de ferro como matéria-prima no seu processo de produção no alto forno, além de outras substâncias minerais como o manganês e o nióbio. Você é um engenheiro de minas contratado pela Mineradora ABCZ Metals em um projeto no estado do Pará, sendo responsável pelos projetos de longo prazo da empresa. Ao tomar ciência que o cliente chinês faz ligas de aço que utilizam manganês e nióbio como matérias-primas, você vê a oportunidade da ABCZ Metals extrair e vender esses minérios para este cliente chinês e muitos outros que poderiam aparecer. Mas será que existem esses minérios no Brasil? Eles são importantes dentro da nossa economia minerária? Quais são as perspectivas desse mercado?

Ao longo desta seção, teremos condições de responder a esses questionamentos. Então, arregace as mangas e bons estudos!

Você tem a tarefa de levantar o mercado consumidor das principais substâncias minerais utilizadas no processo de fabricação

do aço, estudar o mercado desse mineral, a logística necessária para escoamento do minério e as perspectivas desse mercado, como uma proposta de produzir e vender minério para China. Uma oportunidade muito interessante que poderá aumentar o caixa da empresa ABCZ Metals e possibilitar investimentos em novas áreas. Faça um estudo detalhado de todos os itens acima descritos, em forma de relatório.

## Não pode faltar

Caro aluno, vamos conversar um pouco sobre as perspectivas do setor mineral? O setor mineral, assim como outros mercados, passa por diversas fases que são cíclicas. Os desafios atuais do setor da mineração são enormes, pois já se sabe que, nos dias atuais, a pressão da sociedade contra as atividades que possuem uma intervenção ambiental é grande, o que acaba trazendo grandes críticas ao setor, muitas vezes injustas.

A mineração precisa recuperar sua credibilidade, muito abalada após o acidente da Samarco, em Mariana (MG), e conseguir o apoio da população, provando, mais uma vez, ser uma atividade que consegue levar desenvolvimento e crescimento econômico para os municípios nos quais estiver localizada. Outro caso semelhante, podemos citar os danos causados pelos garimpos ilegais que estão espalhados na Amazônia, que trazem degradação ambiental sem recuperação da área, problemas sociais locais e muita criminalidade. Esses locais, muitas vezes, atraem pessoas de diversas regiões do país, sem nenhuma estrutura, em busca de trabalho e condições melhores de vida. O que encontram muitas vezes é uma sociedade com vários problemas, que não está preparada para os receber de uma forma digna e igualitária.

Figura 1.1 | Localização das principais reservas minerais no Brasil



Fonte: DNPM (2016, [s.p.]).

Para essa mudança de julgamento sobre o setor mineral, o sucesso do projeto Ferro Carajás S11D será determinante, pois ele não trará somente desenvolvimento para a região, mas, sendo o maior investimento já visto em um projeto de mineração, mudará o legado da mineração no Brasil e no mundo. Um projeto inédito no qual a geração de resíduos será reduzida drasticamente, a forma de operar será inovadora e a produção será a maior já vista, tudo isso por meio de um processo chamado *"truckless"*, que modifica os sistemas tradicionais de transporte do minério, substituindo caminhões fora de estrada por correias transportadoras, reduzindo, desta forma, o consumo de pneus e óleo diesel. Em termos de mineração global, o Brasil possui uma posição privilegiada e está entre os maiores exportadores de minérios do mundo, com grande participação na mineração de ferro e metálicos. Destaque para a produção de minério de ferro, que se concentra nos estados do Pará e de Minas Gerais.

Quadro 1.1 | Ranking com a respectiva participação por substância mineral

Mineral	Posição
Ferro	1º
Nióbio	1º
Manganês	2º
Bauxita	2º
Tantalita	2º

Fonte: DNPM (2016, [s.p.]).

Os próximos anos da mineração reservam fortes desafios e muito trabalho para os engenheiros de minas, visto que o mercado não deverá retomar o crescimento acelerado, que foi visto no início dos anos 2000, com o boom das commodities, e exigirá cada vez mais um profissional criativo para resolver problemas e reduzir custos nas empresas.

Se não bastassem todos os problemas já enfrentados pela mineração (crise política, redução da demanda pelas nossas commodities, dificuldades enfrentadas junto aos órgãos ambientais para conseguir uma licença ambiental etc.), ainda vivemos um problema grave que atrapalha a retomada dos investimentos e a atração estrangeira por projetos de mineração no país: o atraso na definição do Novo Marco Regulatório.

O crescimento e a valorização das commodities permitiu que as indústrias mineradoras aumentassem os investimentos de forma acelerada e contínua. Atualmente, apesar do mercado estar retraído, muita coisa já foi feita e considera-se que as mudanças ocorridas na última década foram um avanço para o setor



#### Assimile

Commodity é um produto que não possui alto grau de industrialização, sendo, geralmente, comercializado no mercado internacional como um bem agrícola ou mineral, possuindo características físicas homogêneas e tendo alta escala de produção.

Nesta seção, não podemos deixar de saber o conceito de commodity: qualquer bem em estado bruto, de origem agropecuária ou de extração mineral ou vegetal, produzido em larga escala mundial, com características físicas homogêneas, seja qual for a sua origem, e destinado ao comércio externo.



Com base na definição de commodity, quais substâncias você conhece que podem ser classificadas como tal? O ouro, a prata, a soja, o milho, o aço? E o cimento, se enquadra em todos os quesitos de uma commodity?

Hoje, a situação do setor minerário, vive uma realidade muito diferente daquela vivida no início dos anos 2000. A demanda está retraída devido à redução do crescimento da economia chinesa, e houve aumento da oferta mundial de minério de ferro que diminuiu o preço internacional dessa commodity (pois as grandes mineradoras, no mundo inteiro, viram uma oportunidade para reduzir o impacto da crise mundial do minério de ferro e pensaram igual às outras: aumentar a produção para suprir uma crise de escassez desse bem).

Não é esperado um crescimento vultoso no setor para os próximos anos, mas espera-se uma adequação ao novo cenário por parte das empresas e governo, no qual, sem nenhuma dúvida, estaremos mais preparados para novas situações de variações de preço e fortes concorrências mundiais nas principais commodities que o Brasil produz.

Um fator fundamental para contribuir para a retomada do crescimento no setor mineral é levar em consideração a criação de políticas de investimentos nos setores de fomento à pesquisa mineral, fase extremamente importante da atividade na qual o investidor decidirá se levará adiante o projeto ou não.

Essa retomada do crescimento do setor mineral é muito importante para o Brasil, pois a mineração contribui muito, não somente para a sociedade com seus produtos básicos para qualquer material produzido pelo homem, mas também para a economia do país, pois é considerada uma das principais atividades econômicas, tendo uma forte participação no produto interno bruto (PIB) do país, tanto que, em 2014, por exemplo, o setor representava 4% do PIB brasileiro (**Setor mineral representa 4% do PIB brasileiro**. Publicado em 4 dez. 2014. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/12/setor-mineral-representa-4-por-cento-do-pib-brasileiro>>. Acesso em: 28 set. 2017).

Essa atividade contribui enormemente com a arrecadação de tributos nos municípios onde existe a extração mineral e geração de

renda. No Brasil, o desenvolvimento de vários municípios se deve unicamente à atividade minerária, ou seja, a mineração, quando é feita com responsabilidade, traz inúmeros ganhos em relação aos impactos negativos que são gerados.

Dentre as atividades da mineração que possuem grande importância na balança comercial (conta na qual são registradas as exportações e importações de mercadorias) brasileira, está o setor de rochas industriais e agregados (de acordo com o DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>. Acesso em: 23 out. 2017). Este setor contribui no fornecimento de insumos para a indústria da construção civil, que é extremamente importante para a economia nacional. Os agregados possuem características específicas e são pouco discutidos entre os profissionais do setor, visto a importância e a visibilidade que é dada para a área de minerais metálicos. Em relação ao mercado de agregados no país, algumas características merecem ser lembradas, pois estamos falando de um bem com uma participação extremamente importante na economia. Em comparação aos minerais metálicos, os agregados não possuem grandes variações de preço e não dependem muito do mercado externo, pois seu preço é baseado em demanda interna e ciclos econômicos regionais. Também possuem grande utilização na indústria de base e são considerados a base da economia nacional. Considerando que o Brasil possui um déficit habitacional enorme, podemos entender que é um mercado extremamente promissor e que tem um futuro próspero.

Os agregados, conforme já dito, possuem uma participação enorme na economia e são as substâncias minerais mais consumidas do mundo. Os agregados basicamente são areia e pedra britada, podem ser conceituados como o setor do mercado de mineração que possui emprego imediato na construção civil.

O mercado de mineração evolui muito a cada ano, seja no Brasil ou no mundo. Atualmente, toda a cadeia de produção mineral conta com tecnologia de ponta nos processos para facilitar os trabalhos, aumentar a produtividade e garantir a segurança.

Na última década, a mineração passou por uma fase de expansão acelerada que possibilitou um desenvolvimento enorme em todas as fases do processo.

Figura 1.2 | O ciclo da produção mineral mundial (ciclos econômicos a cada 25-30 anos)



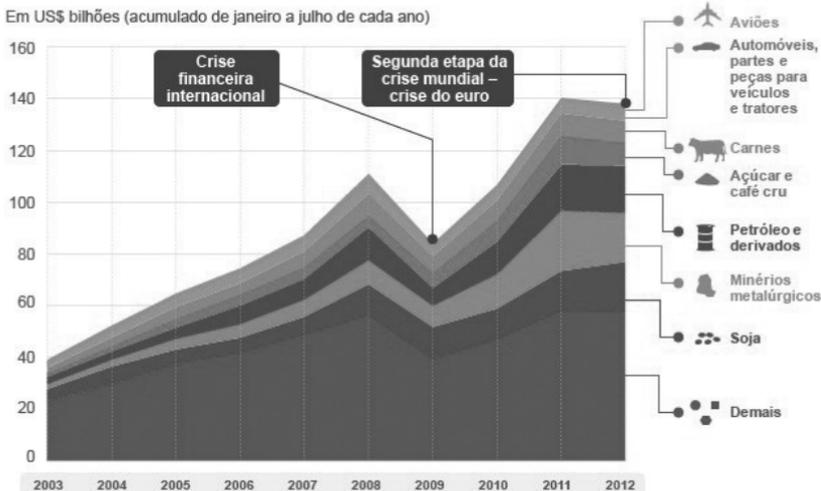
Fonte: adaptada de IBRAM (2014, p. 3).

No Brasil, uma das substâncias que pode voltar a ter sua produção expandida é o minério de ferro. Dentre todos os elementos minerais produzidos no país, o minério de ferro tem seu destaque, pois é considerado como uma commodity que possui um enorme valor na balança comercial brasileira, destacando-se, juntamente com a soja, como um dos itens brasileiros mais exportados para todos os cantos do planeta. O minério de ferro possui como maior país consumidor a China, que se sobressai como maior produtor de aço (insumo que depende totalmente do minério de ferro para ser produzido).

Figura 1.3 | As exportações brasileiras e a baixa demanda do minério de ferro

## Exportações brasileiras

Em 2012, minérios perderam espaço nas vendas do Brasil para o exterior



g1.com.br

Fonte: Ministério do Desenvolvimento

Fonte: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2012/09/crise-derruba-preco-do-ferro-e-brasil-nao-deve-bater-meta-de-exportacao.html>>. Acesso em: 20 out. 2017.



### Exemplificando

A Vale é a maior produtora mundial de minério de ferro, tendo um papel importantíssimo no cenário nacional e internacional. Esta empresa está em busca de novas áreas de pesquisa, e a avaliação dos depósitos é fundamental para a viabilização de empreendimentos mineiros. É importante salientar que o número de áreas que estão em pesquisa é sempre muito maior do que os locais que, efetivamente, tornam-se áreas de lavra, já que vários projetos são descartados na fase de pesquisa por diversos fatores, inclusive pela qualidade deste minério.

Outra substância que possui um papel extremamente importante para o desenvolvimento do país é o nióbio. Como maior produtor desta substância, o aumento da produção acontece devido à crescente demanda por ferroligas, consequência do aumento de demanda do aço bruto, já que o nióbio é fundamental para a indústria de alta tecnologia. O crescimento do mercado dessas substâncias, consideradas nobres, vem ganhando um certo destaque, pois são

minerais raros e que possuem uma demanda constante, sem sofrer grande variação de preço em função do mercado internacional.

Não podemos nos esquecer da produção do manganês, sendo o Brasil o sexto maior produtor mundial. As reservas estão espalhadas pelo país, mas podemos destacar a produção dos estados de Minas Gerais e do Pará. O manganês é um metal muito utilizado na indústria metalúrgica, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento de diversas etapas da produção do aço.

Outra substância que possui um peso enorme na economia do país é o cobre. O Chile é o maior produtor desta commodity, mas o Brasil também possui uma parcela significativa da produção mundial, sendo produzido pelas empresas Vale, Mineração Maracá (Yamana), Mineração Caraíba, Votorantim Metais Níquel e Prometálica Mineração Centro Oeste. As maiores reservas desse mineral encontram-se no estado do Pará. No Brasil, o cobre é muito empregado na construção civil, indústria automobilística, produtos da linha branca e na área de energia. O maior consumidor desse minério é a indústria metalúrgica, mais especificamente, a indústria da construção civil, conforme já citado.

O zinco é considerado um dos metais mais importantes na indústria da construção civil, pois é amplamente aplicado em aços galvanizados para evitar a corrosão e a oxidação. É amplamente utilizado também na indústria automobilística, eletrodomésticos e ferrugem. Apesar de não sermos os maiores produtores mundiais desse metal, temos uma participação importante na produção interna e podemos destacar o estado de Minas Gerais como o seu maior produtor nacional.



**Pesquise mais**

Para ter mais informações sobre a importância da mineração para o mercado nacional, pesquise mais no vídeo indicado.

CANAL TV SOCIAL. **Brasil, potência da mineração mundial.** Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=EWfBzwlqUE>>. Acesso em: 26 set. 2017.

## Sem medo de errar

Olá, aluno. Conseguiu ter uma visão mais ampla sobre o setor de mineração no Brasil e no mundo? Ela vai o ajudar a responder as indagações que surgiram na ABCZ Metals. Você se lembra do caso?

A empresa ABCZ Metals fechou contrato para exportar ferro para uma empresa chinesa que faz aço e ligas de aço. Você sabe que essa empresa chinesa poderá também ter a necessidade de comprar manganês e nióbio para fazer as ligas de aço. Contudo, como tem responsabilidade sobre os projetos de longo prazo da ABCZ Metals, nota-se uma oportunidade para esta mesma companhia extrair e vender minérios ao mercado chinês e muitos outros que poderiam aparecer. Mas, será que existem esses minérios no Brasil? Eles são importantes dentro da nossa economia minerária? Quais são as perspectivas desse mercado?

A empresa ABCZ Metals, precisa levantar várias informações a respeito do mercado nacional e internacional do minério de ferro e minério de manganês. José Francisco foi contratado recentemente para cuidar de um projeto de pesquisa na região Norte do país. Como os trabalhos de pesquisa estão em fase inicial, o diretor do seu departamento passou a você várias tarefas para estudar melhor essa oportunidade. A diretoria da empresa na qual José Francisco trabalha recebeu uma proposta para fechar vários negócios no exterior, mas precisa antes estudar esse novo mercado. José Francisco fez uma viagem para visitar alguns futuros clientes e estudou como funciona o mercado de mineração fora do país. Ele descobriu que existe uma Bolsa de Valores para negociar somente metais, LME (London Metal Exchange), na qual qualquer pessoa consegue acompanhar diariamente o preço do cobre, alumínio, zinco e metais não ferrosos.

José Francisco também teve que estudar a forma de escoamento do minério até o porto e o custo para realizar este transporte. Até o porto, a ABCZ Metals precisa escoar todo o minério pelo sistema ferroviário, atualmente existente, que é mais barato em comparação ao transporte rodoviário. José Francisco fez contato com duas empresas de transporte ferroviário que realizam esse trabalho e percebeu que a variação de preço entre elas é muito pequena e desprezível. José Francisco realizou o serviço com a empresa que apresentava mais seriedade e que garantia a pontualidade na entrega da carga no porto.

Outro fator muito importante que é utilizado pelas mineradoras como forma de negociação e que precisa ser estudado pelo José Francisco na hora de assinar o contrato, é o pagamento de multa por atraso na entrega ou pela baixa qualidade do minério negociado. Já no caso do minério ser entregue com qualidade acima do planejado, a mineradora recebe um bônus por isso.

Aproveitando a viagem, José Francisco estudará os minerais com maior importância para a indústria chinesa, principalmente para as siderúrgicas.

Nessa viagem, José Francisco participará de algumas palestras em eventos do setor, na quais será discutida e apresentada a tendência de preços futuros dos mercados de commodities, mais especificamente do minério de ferro. Estes dados serão extremamente importantes para José Francisco concluir o trabalho de estimativa de preço do minério de ferro nos próximos anos.

## Avançando na prática

### A solução dos problemas ambientais causados pela mineração

#### Descrição da situação-problema

A mineradora ABCZ Metals faz parte de um grupo seletivo de empresas que está conseguindo sobreviver em tempos de crise, sem parar a produção. Além da crise econômica que já assola o país com redução de consumo e queda dos preços das commodities, a mineração, em geral, passa por uma crise de moral que vem desde o acidente do rompimento da barragem da mineradora Samarco. A mídia e a sociedade cobram veementemente uma resposta e uma solução para tudo o que aconteceu naquele ano de 2015. As empresas que estão em fase de operação acabam sofrendo também com essa crise, o que não é tão simples, e com a ABCZ Metals não é diferente. Dê três sugestões para fechamento de mina, sugerindo uma utilização para o local após o fechamento de uma mina a céu aberto de minério de ferro, que se localiza a 25 km de um grande centro urbano.

## Resolução da situação-problema

Uma mina a céu aberto pode fazer o projeto de fechamento de mina de várias formas. Uma delas é a criação de um parque no local da lavra. A criação de um parque possibilita retornar para a sociedade o que no passado foi fonte de renda e emprego. A segunda sugestão seria a criação de um lago no local da cava, com casas em volta, com a formação de um condomínio. E, por último, o local de onde se extraía o minério, a cava, poderá virar um local para depositar o lixo que vem dos centros urbanos mais próximos, seguindo todos os procedimentos dos aterros sanitários, quanto à impermeabilização para evitar contaminar o lençol freático etc.

### Faça valer a pena

**1.** O setor de agregados possui uma participação enorme na economia e são as substâncias minerais mais consumidas do mundo. Os agregados basicamente são areia e pedra britada, podem ser conceituados como o setor do mercado de mineração que possui emprego imediato na construção civil.

Conforme já foi estudado a respeito dos agregados e rochas industriais, qual das alternativas abaixo apresenta um agregado utilizado na indústria brasileira?

- a) Minério de ferro.
- b) Calcário.
- c) Nióbio.
- d) Tantalita.
- e) Ouro.

**2.** Os impactos socioambientais da mineração não são simples, nem espacialmente limitados, muito menos temporalmente restritos. Na verdade, muitos deles são ecologicamente complexos, espacialmente amplos e, por serem irreversíveis, temporalmente permanentes.

MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. **IPEA - Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, [S.l.], n. 16, jan./jun. 2017. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poemas/files/2014/07/Milanez-2017-Minera%C3%A7%C3%A3o-ambiente-e-sociedade.pdf>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

De acordo como foi dito e explicado no texto, qual o maior problema atual no Brasil causado pela mineração, que afeta diretamente a população local e possui uma dificuldade enorme para ser combatido?

- a) Poeira nas minas.
- b) Ruído nas comunidades vizinhas.
- c) Garimpos na região amazônica.
- d) Contaminação do solo com óleo diesel.
- e) Subsidência.

**3.** O Brasil possui um lugar de destaque no mundo ao se tratar das maiores reservas minerais do planeta, o que chama a atenção de muitas empresas estrangeiras que investem no país, trazendo recursos financeiros e tecnologias para o lavar. As empresas interessadas, que são na maioria multinacionais que conhecem muito bem do negócio, buscam as maiores reservas minerais.

Dentre os minérios que foram apresentados no texto, quais deles estão em 1º e 2º lugar, respectivamente, em produção no Brasil?

- a) Minério de ferro e bauxita.
- b) Ouro e quartzo.
- c) Nióbio e manganês.
- d) Minério de ferro e nióbio.
- e) Nióbio e tantalita.

## Seção 1.3

### Minerais estratégicos e sua importância para a economia do país e do mundo

#### Diálogo aberto

Olá, aluno. Certamente você ouviu falar do desastre que aconteceu em Mariana/MG, com o rompimento da barragem de rejeitos de uma empresa mineradora. Essas barragens precisam ser tratadas com muito cuidado pela empresa mineradora, pois qualquer problema que apresentem, pode trazer impactos sociais e ambientais incalculáveis. Por isso, a manutenção e a inspeção dessas estruturas devem ser feitas regularmente, o que consome muitos recursos financeiros e esforços por parte de todos os envolvidos.

Nesta seção, além de estudarmos as tecnologias existentes para a recuperação de rejeitos, veremos: o aproveitamento dos minerais metálicos, a importância dos minerais e das rochas industriais para as economias brasileira e mundial, e a pesquisa de aplicações inovadoras com o uso de substâncias minerais. Para nos ajudar a entender esses conceitos, acompanharemos mais uma situação que aconteceu na ABCZ Metals.

A ABCZ Metals é uma multinacional mineradora que está com um novo projeto de extração de ferro no estado do Pará. Você trabalha na empresa como engenheiro responsável pelos projetos de longo prazo e está preocupado com os rejeitos que serão gerados com a extração de ferro. A construção de uma barragem de rejeitos faz parte do projeto dessa mina, mas seus custos são altíssimos, além de trazer consigo a necessidade de vários procedimentos para que a empresa consiga as licenças necessárias para a sua construção. Dentro dessa perspectiva, você faz as seguintes perguntas: será que a barragem é a única forma de destinar um rejeito da extração de ferro? Existem outras tecnologias (além da barragem) para destinar/recuperar os rejeitos dessa extração de ferro da ABCZ Metals?

Ao longo desta seção, teremos as respostas para esses questionamentos.

Pronto para mais essa oportunidade de acumular conhecimentos em Economia mineral? Bons estudos!

## Não pode faltar

Olá, aluno. Vamos aos assuntos da nossa terceira seção? Os minerais são divididos na natureza, basicamente, em: minerais metálicos, minerais não metálicos e minerais energéticos. Eles são extraídos da natureza, sendo considerados como recursos não renováveis, ou seja, possuem somente uma safra e não podem ser repostos.

Conceituamos os minerais metálicos como os minerais que possuem algum elemento metálico em sua composição química. Como exemplo de minerais metálicos, podemos citar a hematita (minério de ferro), a bauxita (minério de alumínio), o ouro e a prata. Já os minerais não metálicos são aqueles que não possuem elemento metálico na sua composição química, como o carvão mineral, que é composto basicamente de carbono. Por fim, os minerais energéticos são aqueles que podem ser utilizados como fonte energética em vários processos, como o urânio, mineral utilizado como fonte energética para produção de energia nuclear.

O enfoque desta seção está sobre os minerais metálicos, portanto, vamos conhecê-los de forma mais detalhada? Os minerais metálicos possuem uma forte participação na indústria de transformação, ou seja, eles são aplicados na produção de bens materiais que contribuem para a formação de outros materiais que são utilizados diariamente pela sociedade, sendo impossível não pensar nos benefícios que eles trazem ao homem.

Os minerais metálicos possibilitam a fabricação de vários materiais para a produção de bens de consumo para a população, como nos sistemas de transporte, industriais e agrícolas. Sem contar na indústria alimentícia, na qual é possível encontrar várias embalagens produzidas a partir de substâncias metálicas, como as latinhas de alumínio e as latas que armazenam os alimentos, que encontramos em grande escala nos supermercados.

O Brasil tem posição de destaque no mundo com relação a esses minerais metálicos, pois nos sobressaimos, principalmente, na produção de minério de ferro e alumínio, obtido a partir dos minerais de hematita ou rocha itabirito e das rochas de bauxita, respectivamente.

Nosso país é considerado um dos principais produtores de minério de ferro do mundo, sendo que boa parte dessa produção é feita nos estados do Pará e de Minas Gerais, com minas de grande porte, como as que estão no município de Carajás/PA, que contribuem para a maior parte do minério exportado do país para a China (além da China, destacam-se como os principais importadores de minerais metálicos do Brasil: o Japão, a Coreia do Sul, a Holanda, a Itália, entre outros).

Também podemos destacar a participação de minas menores na região no estado de Minas Gerais, mais precisamente no Quadrilátero Ferrífero, que abastecem também o mercado interno e que, somadas, contribuem praticamente com a mesma quantidade de minério de ferro do estado do Pará.

A nossa produção atual de minério de ferro será muito impactada com a extração que ocorrerá no maior projeto de mineração do mundo, o S11D, no Sudeste do Pará. Podemos considerar este projeto como diferenciado e único, pois além de aumentar muito a produção nacional de minério de ferro, ele é inovador, já que utiliza soluções nunca vistas na indústria da mineração nacional, como a utilização de um sistema chamado de *truckless*, ou seja, a operação é realizada sem a presença de caminhões e o minério lavrado na frente de lavra é transportado através de correias transportadoras. Para você ter uma ideia da dimensão do S11D, estamos falando do maior investimento já realizado em um projeto de mineração, na maior província de minério de ferro do mundo, com as maiores reservas e com o maior teor de ferro.

Com relação a esta commodity tão importante para a economia do país, não podemos deixar de citar a produção do minério de ferro na região central do país, na região Centro-Oeste, que é uma região que pode ser considerada uma província mineral, estando localizada quase na divisa com a Bolívia e que produz, além do minério de ferro, o manganês. Um dos pontos a serem considerados nos projetos de minério de ferro nessa área é a dificuldade com relação à logística para a exportação dos produtos, visto que a região está na parte central do continente e não é favorecida pela presença de ferrovias ou hidrovias.

O Brasil também extrai muita bauxita, que é matéria-prima para a fabricação do alumínio, metal muito utilizado no dia a dia em vários utensílios e produtos, podendo ser encontrado em muitos itens

utilizados na cozinha e no setor de construção civil (como janelas, dobradiças etc.).

Os depósitos de bauxita estão localizados, em sua maioria, na região Norte do país, com uma pequena participação do estado de Minas Gerais. Eles possuem como característica serem superficiais, ou seja, próximos à superfície, advindos de uma rocha de dureza baixa que pode ser extraída através do desmonte mecânico e tabulares, ou seja, possuem grandes extensões e baixa potência da camada. O maior produtor desta commodity no país é a empresa Albrás, localizada no Pará, seguida pela Alcoa, em Minas Gerais, sendo que os principais países importadores dessa matéria-prima do Brasil são: Estados Unidos, Canadá, Noruega, Emirados Árabes, Argentina, China etc.

Dentre outros minerais metálicos com importância no mercado nacional, podemos destacar o cobre, com grande produção na região Norte do país; e o manganês, que possui minas no estado de Minas Gerais e na região Norte, tendo uma enorme importância para a siderurgia e para a produção de ligas metálicas com inúmeras finalidades na indústria. Além disso, não podemos esquecer de citar o ouro, mineral metálico com uma enorme importância no mercado financeiro, sendo considerado um mineral nobre e que é utilizado como reserva de valor. O ouro possui uma densidade elevada, o que o distingue de outros minerais que possuem aparência semelhante, como a pirita, que possui uma dureza média, podendo ser encontrado na forma de pepita ou disseminado em rochas. As minas de ouro, em sua maioria, são subterrâneas e alguns garimpos realizam a lavra do ouro pelo método aluvionar.

Dentre os minerais metálicos importantes para o país também não podemos deixar de citar o nióbio, de cujo minério é o Brasil o maior mercado produtor do mundo, dominando totalmente a sua produção. Esse minério é utilizado em várias ligas especiais e materiais que necessitam de propriedades que somente este mineral pode fornecer, como leveza e elevada temperatura de fusão. São propriedades como essas que fazem o nióbio ser utilizado em várias ligas na construção de aeronaves espaciais e peças específicas da indústria aeronáutica. O que diferencia o nióbio produzido na cidade de Araxá/MG, pela empresa CBMM, daquele produzido em outras partes do país, é a sua qualidade acima da média e o tamanho da reserva existente neste município.

Podemos citar inúmeros outros minerais metálicos que possuem uma enorme importância para a economia e a indústria de base, mas que não possuem uma produção tão elevada no país, como o titânio, o zinco, o zircônio, entre outros.

Não devemos nos esquecer também da importância das **rochas industriais** para a economia do país e do mundo, pois é através dessas rochas que são produzidas as matérias-primas da cadeia da construção civil. Eles são considerados tão importantes como os minerais metálicos, não metálicos e energéticos, já que fazem parte de um setor muito importante da economia: a construção civil. Segundo Luz e Almeida (2009), a importância do setor de agregados para qualquer sociedade é destacada por estar relacionada com a qualidade de vida da população, como a construção de moradias, saneamento básico, pavimentação e construção de rodovias, pontes, viadutos etc.

Sobre as rochas industriais, as substâncias “brita” e “areia” são as mais utilizadas como agregado para a construção civil, sendo materiais de fácil acesso e produção. A brita é a matéria-prima proveniente de vários tipos de rocha, mas podemos destacar a rocha calcário, composta pelo mineral calcita. Algumas outras rochas também podem contribuir para a fabricação da brita, como o basalto, o gnaiss e até o próprio granito.

Uma característica marcante deste tipo de mercado é que a jazida necessita estar muito próxima do centro consumidor, pois o valor unitário desses bens é muito baixo e um custo elevado de transporte acabaria inviabilizando todo o negócio.

Ao falar em rochas e minerais industriais também podemos destacar a argila, muito empregada na fabricação de tijolos e telhas e amplamente utilizada na construção civil, além das rochas ornamentais, sempre presentes em pisos e revestimentos.

Os minerais e as rochas industriais precisam ser produzidos em larga escala, para compensar o baixo valor de venda unitário, sendo que a areia é geralmente extraída no leito de um rio, através de balsas, muitas vezes, com uma estrutura precária de instalação. Já as rochas utilizadas na produção de brita podem ser encontradas e extraídas em pequenas minas, em comparação ao tamanho encontrado nas minas de minerais metálicos. Essas minas, popularmente conhecidas como pedreiras, contam muitas vezes com instalações

de beneficiamento que apresentam somente as etapas de britagem e peneiramento, sendo que a brita tem múltiplas aplicações no setor de construção civil, como os drenos para a estruturação de muros de contenção e o concreto para a fabricação de vigas e pilares.

Como todos esses minerais e rochas industriais citados abastecem o setor de construção civil, é fácil perceber sua importância para a economia do país no presente e no futuro, considerando que o Brasil possui um déficit habitacional enorme, que traz um potencial muito grande para esse segmento continuar crescendo, ou seja, em qualquer região que esteja havendo desenvolvimento e crescimento através da indústria da construção, a mineração estará presente.

As minas de agregados possuem algumas características próprias e uma delas é responsável por abastecer também os órgãos governamentais para a construção de obras públicas. Assim, se uma prefeitura ou o Governo Federal necessita da obra de uma rodovia ou de uma hidrelétrica, por exemplo, haverá a necessidade de muita matéria-prima para essa construção e, nem sempre, o mercado local conseguirá abastecê-la. Diante disso, muitas vezes, vem a necessidade de serem abertas novas minas, exclusivamente, para atender a uma grande demanda governamental.

Relacionado a esse assunto, temos os rejeitos, já que qualquer atividade mineral acaba os gerando. Muito se discute, nos dias atuais, a respeito das barragens de rejeito no Brasil. Os projetos de aproveitamento de rejeitos sempre tiveram como objetivo transformar um passivo ambiental em ativo e, hoje em dia, a criação de tecnologias para diminuir o lançamento de rejeitos é um assunto muito pesquisado.

Principalmente depois do acidente da barragem da empresa Samarco, muitos estudos visam encontrar soluções para a redução na produção de rejeitos e, conseqüentemente, a redução da dependência com relação às barragens, visto a complexidade e o risco envolvido em lidar com essas estruturas, além do custo altíssimo exigido para mantê-las e inspecioná-las. Para você ter uma ideia do quão avançadas essas pesquisas estão, há muitos estudos em andamento sobre a transformação do rejeito do minério de ferro em outros materiais que poderiam ser utilizados de alguma forma pela sociedade. Por exemplo, já foram realizados alguns testes com rejeito do minério de ferro para a produção de tijolos para a construção civil.

Uma outra solução que está sendo estudada e aplicada há vários anos é o processamento dos finos do rejeito no processo de beneficiamento para obter o produto “*Pellet Feed Fine*” (ou “*PFF*”) para a produção de pelotas. As pelotas são aglomerados de finos do minério de ferro e têm granulometria suficiente para serem utilizadas em fornos para a obtenção do ferro primário (os finos, em si, são de granulometria muito reduzida para este fim).

Além disso, vários outros projetos estão em fase de testes para dar a melhor tratativa para os rejeitos advindos da mineração, assim, podemos concluir que, atualmente, a melhor forma de diminuirmos os impactos negativos causados por uma barragem é reduzirmos a dependência de uma estrutura que requer tanto cuidado e que se tornou muito polêmica devido aos últimos acidentes ocorridos. Ao aumentarmos a recuperação das usinas e ao recuperarmos os finos que são lançados nas barragens de rejeito, estaremos contribuindo para a redução do uso dessa estrutura tão polêmica que é a barragem de rejeitos. Nosso papel, como engenheiros de minas, é sempre estarmos atualizados com relação às necessidades do mercado e em busca de tecnologia para reduzirmos os impactos negativos causados por um processo minerário, aumentando, assim, a vida útil da mina, visando à sustentabilidade e à geração de renda.



#### Pesquise mais

Para ter mais informações sobre novos métodos que podem ser usados em substituição de barragens de rejeitos do minério de ferro, pesquise mais em:

GUIMARÃES, Nilton Caixeta; VALADÃO, George E. S.; PERES, Antônio E. C. Filragem de rejeitos de minério de ferro visando à sua disposição em pilhas. **Revista Escola de Minas**, v. 65, n. 4, Ouro Preto/MG, out./dez. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_artt&pid=S0370-44672012000400016](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_artt&pid=S0370-44672012000400016)>. Acesso em: 11 out. 2017.

Falaremos agora sobre a pesquisa de aplicações inovadoras com o uso de substâncias minerais. Sobre esse assunto, podemos destacar os avanços das pesquisas com o mineral grafeno. Considerado como material que revolucionará a tecnologia do futuro, ele possui propriedades capazes de substituir vários outros minerais, já que é

constituído de uma camada muito fina de grafite, sendo diferente deste por sua estrutura hexagonal. Muitos estudiosos consideram o grafeno como um mineral mais leve, mais resistente e mais fino do que muitos materiais, como o aço. Por ter um amplo campo de aplicação, o grafeno tem condições de tomar o lugar de muitos produtos existentes, como o plástico.

Como toda inovação tecnológica, todos os esforços para o desenvolvimento do grafeno deverão ser feitos de forma correta para viabilizar a extração mineral de uma substância que poderá contribuir ainda mais para o desenvolvimento humano, na criação de instrumentos cirúrgicos, aparelhos eletrônicos e permitindo equipamentos mais leves e seguros para o homem.

Antes de encontrarmos aplicações inovadoras para as substâncias minerais, é considerável destacarmos que mais importante do que a abertura de novas minas, é necessária a extração correta das minas existentes, que necessitam de estudos de engenharia para aumentar a viabilidade da jazida e o tempo de vida útil delas, extraíndo-se vários minerais em uma mesma mina, para fins diversos, e gerando o mínimo de impacto possível ao meio ambiente.

Para que soluções inovadoras na área de mineração sejam encontradas, o país necessita receber investimentos de grandes empresas mineradoras que possuem centro de estudos de novos materiais, a partir das substâncias extraídas no subsolo. O incentivo e o desenvolvimento dessas empresas contribuirão para grandes descobertas e novos projetos inovadores no setor mineral.



### Assimile

Os minerais podem ser divididos em três grandes grupos: minerais metálicos, minerais não metálicos e minerais energéticos. Além disso, existem também os minerais e as rochas industriais, grupo de substâncias que possuem uma enorme importância para a economia do país, pois é o principal fornecedor de matéria-prima para o mercado da construção civil.



## Reflita

O engenheiro de minas precisa saber a importância do mercado de agregados para a economia interna do país. Em quais produtos podem ser aplicados os minerais e as rochas produzidos por este setor? A produção de estruturas metálicas em substituição às estruturas de concreto pode prejudicar a produção de agregados?



## Exemplificando

Caro aluno, como aplicação inovadora com o uso de substâncias minerais, podemos citar um mineral que não é dourado, mas vale ouro nos dias atuais: o grafeno. Mineral com mesma composição química do grafite e do diamante, o grafeno possui um alto valor agregado, com propriedades importantes para aplicação na indústria, como impermeabilidade e resistência, e está no centro das pesquisas para novas aplicações na sociedade. Pode ser utilizado para revestir alimentos nas embalagens e aplicações diversas na medicina.

## Sem medo de errar

Olá, aluno. Esta seção sobre minerais estratégicos e sua importância para a economia do país e do mundo foi muito difícil? Esperamos que não, pois ela trouxe conhecimentos muito importantes para quem atuará no setor de mineração.

Para trazer uma aplicação prática dos conceitos trazidos nesta Seção 1.3, construímos uma história na qual você é o engenheiro responsável pelos projetos de longo prazo da multinacional ABCZ Metals. Sabendo de todos os esforços e preocupações que a construção de uma barragem para os rejeitos da extração do ferro traz, você faz as seguintes perguntas: será que a barragem é a única forma de destinar um rejeito da extração de ferro? Existem outras tecnologias (além da barragem) para destinar/recuperar os rejeitos dessa extração de ferro da ABCZ Metals?

Para respondermos a essas perguntas, temos que nos voltar para os processos inovadores que têm sido criados como alternativas às barragens de rejeitos. Por exemplo, já existem pesquisas avançadas sobre a transformação do rejeito do minério de ferro em outros materiais que poderiam ser utilizados de alguma forma

pela sociedade, como o uso do rejeito da extração do ferro para a produção de tijolos que podem ser aproveitados na construção civil. Uma outra solução que está sendo estudada e aplicada há vários anos é o processamento dos finos do rejeito no processo de beneficiamento para obter o produto “*Pellet Feed Fine*” ou “*PFF*” para a produção de pelotas.

Assim, apesar da barragem para rejeitos ser ainda indispensável em minas de ferro, o engenheiro de minas precisa ficar atento a essas inovações que estão sendo criadas sobre esse assunto, como forma de diminuir os impactos negativos causados por uma barragem, reduzindo a dependência de uma estrutura tão complexa, custosa e que pode impactar negativamente a sociedade e o meio ambiente, caso apresente alguma falha.

## Avançando na prática

### O mercado de agregados

#### Descrição da situação-problema

A empresa Minérios e Agregados S.A. extrai minério metálico em diversos municípios brasileiros e quer começar a extrair brita para diversificar os seus negócios.

No entanto, a empresa não conseguiu viabilizar projetos de extração de brita em locais que estão próximos aos grandes centros consumidores, devido à baixa qualidade dos depósitos nestas áreas testadas. Diante disso, os únicos projetos que apresentaram uma maior quantidade e qualidade dessas rochas industriais estão em locais mais distantes dos centros urbanos mais populosos. Esses municípios não possuem infraestrutura básica necessária para as operações, como fornecimento de água e vias de acesso com qualidade para escoamento dos produtos. Será que esses projetos distantes serão viáveis economicamente?

#### Resolução da situação-problema

Sobre as rochas industriais, as substâncias “brita” e “areia” são as mais utilizadas como agregados para a construção civil, sendo

materiais de fácil acesso e produção. Uma característica marcante e particular da extração da brita e da areia é que as jazidas necessitam estar muito próximas do centro consumidor, pois o valor unitário desses bens é muito baixo, e um custo elevado de transporte acabaria inviabilizando todo o negócio, ou seja, a ideia da empresa Minérios e Agregados S.A. em extrair brita em locais distantes do mercado consumidor e com precária infraestrutura de transportes não é boa, sendo que tais projetos estariam, provavelmente, fadados, economicamente, ao fracasso.

## Faça valer a pena

**1.** Os minerais metálicos possuem uma forte participação na economia do país. Através deles são produzidos os principais bens de consumo na indústria atual, que permitem a criação de vários utensílios que vão desde aqueles utilizados em nossas residências até aqueles implementados pela indústria aeronáutica.

Qual mineral faz parte do grupo de minerais metálicos?

- a) Urânio.
- b) Nióbio.
- c) Areia.
- d) Argila.
- e) Gipsita.

**2.** A brita é uma matéria-prima amplamente utilizada na área da construção civil. É possível perceber a utilização dessa rocha industrial em qualquer obra no nosso país, já que ela possui forte demanda e está totalmente ligada ao crescimento da economia nacional.

Qual é o mineral que compõe a rocha de onde é extraída a brita utilizada pela construção civil?

- a) Calcita.
- b) Nióbio.
- c) Biotita.
- d) Crisotila.
- e) Hematita.

**3.** A barragem de rejeitos é uma estrutura inconveniente para empresas de mineração, mas muitas vezes necessária. Além de todos os problemas existentes, após o fechamento da mina, não existe nada na legislação que diga quem será o responsável por aquela estrutura. Muito se discute nos dias atuais acerca da utilização ou não dessa estrutura, mas o fato é que serão necessários muitos investimentos em tecnologia para reduzir a dependência ou acabar com essa saída, que hoje é largamente utilizada pelas empresas de mineração.

O que pode ser feito por uma empresa de mineração como uma alternativa ao uso de barragens para o rejeito?

- a) A recuperação de rejeitos.
- b) A guarda do rejeito.
- c) A estocagem do rejeito.
- d) O tratamento do rejeito.
- e) Retornar com o rejeito para a natureza.

# Referências

CANAL TV SOCIAL. **Brasil, potência da mineração mundial**. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=EWfBzwlqUE>>. Acesso em: 26 set. 2017.

CURY, A. **Minas a Céu Aberto**: planejamento de lavra. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO. **Etapas da mineração e recuperação ambiental**. Disponível em: <<http://www.crm.rs.gov.br/lista/531/Etapas-da-mineracao-e-recuperacao-ambiental#.WcND4MiGPIU>>. Acesso em: 20 set. 2017.

CRM - COMPANHIA RIOGRANDENSE DE MINERAÇÃO. **Etapas da mineração e recuperação ambiental**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.crm.rs.gov.br/lista/531/Etapas-da-mineracao-e-recuperacao-ambiental#.WcND4MiGPIU>>. Acesso em: 20 set. 2017.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário Brasileiro Mineral 2016**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2016-metalicos>>. Acesso em: 23 out. 2017.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Sumário Mineral Brasileiro 2015**. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2015/view>>. Acesso em: 19 out 2017.

Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Brasileiro Mineral: Principais Substâncias Metálicas**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2016-metalicos>>. Acesso em: 23 out. 2017.

Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral Brasileiro 2015**, vol. 35, Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2015>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

FREIRE, W. **Código de Mineração Anotado**. 5. ed. Belo Horizonte: Mandamentos, 2010.

GOVERNO DO BRASIL. **Setor mineral representa 4% do PIB brasileiro**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/12/>>

setor-mineral-representa-4-por-cento-do-pib-brasileiro>. Acesso em: 28 set. 2017.

GUIMARÃES, N. C.; VALADÃO, G. E. S.; PERES, A. E. C. Filtragem de rejeitos de minério de ferro visando à sua disposição em pilhas. **Revista Escola de Minas**, v. 65, n. 4, Ouro Preto/MG, out./dez., 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672012000400016](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672012000400016)>. Acesso em: 11 out. 2017.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Perspectivas da mineração no mundo e no Brasil**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005262.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

Instituto Brasileiro de Mineração. **Perspectivas da mineração no mundo e no Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005262.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2017.

LUZ, A. B.; ALMEIDA, S. L. **Manual de agregados para construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM, 2009.

PEREIRA, R. M. **Fundamentos da Prospecção Mineral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

SOUZA, P. A. **Avaliação econômica de projetos de mineração**: análise de sensibilidade e análise de risco. Belo Horizonte: IETEC, 1995.

TULCANAZA, E. **Avaliação de Empreendimentos e Recursos Minerais**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

VALADÃO, G. E. S. **Introdução ao tratamento de minérios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

# Projetos de mineração

## Convite ao estudo

Olá, aluno, tudo bem? Quem já passou pela experiência de tirar a carteira de motorista, a Carteira Nacional de Habilitação (CNH), sabe que é um processo longo e com algumas etapas a serem cumpridas. Apesar da importância de uma pessoa ser habilitada a dirigir (pois isso gera uma maior autonomia de ir e vir a ela), esta não consegue esse documento sem antes se adequar às normas de trânsito. Depois de entender a legislação de trânsito (e outros diversos assuntos), sendo aprovada em todos os testes, a pessoa estará habilitada a dirigir. Neste momento, ela precisa colocar em prática o que aprendeu sobre a legislação de trânsito, utilizando-se de procedimentos que a ajudam a evitar acidentes, ou seja, ela deve seguir um método básico de prevenção de acidentes, como estar atento, manter a distância do outro veículo, sinalizar sua movimentação etc., que, quando seguidos, trará ótimos resultados para o motorista se deslocar em segurança pelas ruas, avenidas e estradas do país, tendo a tão sonhada autonomia de ir e vir sendo praticada com segurança.

Saiba que um processo parecido com esse também acontece na atividade mineral. Apesar da importância social, econômica e tecnológica da atividade minerária (assunto a ser estudado na Seção 2.1), nenhum empresário pode começar a extração mineral sem se adequar à legislação mineral (assunto que será tratado na Seção 2.2). No entanto, quando todos os documentos já estiverem regularizados, existem muitos métodos diferentes para a realização da pesquisa mineral de acordo com as características geológicas das substâncias (assunto que será tratado na Seção 2.3), e a empresa terá que utilizar o mais adequado para aquela mina específica.

Assim, na Unidade 2, para nos ajudar a conhecer os principais métodos de pesquisa existentes em um Plano de Pesquisa, que

é apresentado ao DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), vamos conhecer algumas histórias que acontecerão na empresa mineradora BZ Gold, uma companhia com longo trajeto no setor mineral, trabalhando em diversas regiões do Brasil e também em alguns lugares no mundo. Você foi contratado por essa empresa como engenheiro de minas, tendo a incumbência de acompanhar os trabalhos de abertura de uma mina na região Norte do estado do Pará. A BZ Gold está com vários projetos de abertura de minas a céu aberto e subterrâneas na região e muitos assuntos relativos ao início desses trabalhos aparecerão ao longo das próximas aulas. Então, você se sente pronto para encarar esse desafio?

Bom trabalho!

## Seção 2.1

### Importância social, econômica e tecnológica da atividade minerária

#### Diálogo aberto

Você conhece a história da mineração no seu país? Sabe os benefícios sociais e econômicos gerados por esta atividade? Nesta Seção 2.1, discutiremos estes aspectos e demonstraremos como esta atividade, que é conhecida como causadora de diversos impactos ambientais, pode mitigar os danos e gerar empregos, desenvolvimento, arrecadação de tributos e crescimento para uma determinada região. Para isso, teremos o auxílio de uma situação que aconteceu na empresa mineradora BZ Gold. Vamos a ela?

Você foi contratado como engenheiro de minas pela BZ Gold, para acompanhar os trabalhos de abertura em uma mina na região Norte do estado do Pará. Ao iniciar os seus trabalhos, você soube que a população local, de 1.800 habitantes, estava muito assustada com a ideia de abertura de minas na região, visto que se tratava de uma área de preservação e nunca houvera nenhuma atividade industrial nas proximidades. Tal preocupação foi ainda mais exacerbada, já que a mídia continuava discutindo os efeitos devastadores em decorrência do rompimento de uma barragem no município de Mariana, em Minas Gerais, causado por uma mineradora.

Para minimizar essa animosidade entre a população e a BZ Gold, o prefeito da cidade agendou diversas audiências públicas na Câmara Municipal para discussão do assunto. A BZ Gold foi convidada a participar dessas audiências e você, que conhece todos os processos da abertura ao fechamento da mina, precisa apresentar para a população os benefícios e os riscos que esta atividade pode levar para a região. Será que a impressão da população de que a atividade mineral traz apenas malefícios para a região está correta? Quais benefícios a abertura da mina da BZ Gold pode trazer para a região Norte do Pará?

Ao longo desta Seção 2.1, você encontrará resposta para esses questionamentos e entenderá como o desenvolvimento econômico pode ser estimulado por uma atividade mineradora. Então, arregace as mangas e bons estudos!

## Não pode faltar

Caro aluno, faremos uma introdução sobre a mineração no Brasil e, em seguida, trataremos dos aspectos sociais e econômicos que trazem diversas discussões a respeito do tema.

Você já deve ter estudado nas aulas de História que a atividade minerária no Brasil ocorre, de maneira sistemática, desde o século XVII, quando os colonizadores portugueses localizaram quantidades significativas de ouro e de diamante onde hoje se localiza o estado de Minas Gerais. Certo é que desde o início das navegações o objetivo da metrópole europeia era acumular riquezas do Novo Mundo, tendo o ouro exercido um papel importante para o desenvolvimento de inúmeras cidades, tanto no Brasil quanto em Portugal. Assim, por exemplo, surgiram as cidades de Vila Rica (atualmente Ouro Preto), Mariana, Diamantina, entre outras.

Conceituada corretamente como a ação de extrair uma substância mineral da superfície ou do subsolo, a mineração no Brasil passou por diversas fases até os dias atuais. Iniciada pelos colonizadores portugueses, que nessa terra encontraram ouro, ela está intimamente ligada à nossa história e à nossa cultura, sendo possível perceber que o estado de Minas Gerais, rico em sua diversidade mineral, leva o nome da mineração por ter papel extremamente importante na fase de colonização do país. Nessa época, a população já encontrava finalidades diversas para as substâncias minerais extraídas na natureza. O ouro, a prata (este talvez seja o único metal nobre que não apresentou, no Brasil, um resultado tão expressivo no nosso PIB, ao olharmos para o contexto latino-americano) e o diamante, com sua beleza inquestionável, seguidos pelo minério de ferro, para auxiliar na fabricação de ferramentas, utensílios diversos para uso no dia a dia e armas para defesa pessoal.

É dito que a mineração existe desde os primórdios da humanidade, quando o homem chinês buscava carvão mineral como combustível para suas atividades. Em Ouro Preto, Minas Gerais, é possível perceber, nos museus e na cidade, vários sinais e vestígios das atividades minerárias que ocorreram na região, desde a época do Brasil Colônia. Uma época na qual não existia recursos para trabalhar nas minas, sendo a mineração considerada uma atividade muito perigosa e que exigia muito dos trabalhadores. As minas subterrâneas de ouro, por exemplo, eram consideradas

extremamente insalubres e não possuíam o mínimo de segurança. No entanto, com a falta de opção de emprego na época, muitos eram levados para trabalhar nas piores condições, fato que causou diversos conflitos de interesses e gerou muitas revoltas na sociedade.

Com o passar dos anos, várias novas minas foram descobertas e a atividade mineral se espalhou por diversas áreas do Brasil. O subsolo brasileiro, mais especificamente de alguns estados, como Minas Gerais e Pará, é repleto de inúmeras substâncias minerais, sendo possível perceber que esta atividade está presente no dia a dia da população e possui uma enorme participação na economia.

É muito importante destacar que a mineração contribui de forma sistemática para o crescimento e o desenvolvimento econômico do país e é um fator determinante para o sucesso econômico e social de uma região. Você sabe o que significam os termos crescimento econômico e desenvolvimento econômico? Apesar de serem usados como sinônimos, "crescimento econômico" e "desenvolvimento econômico" não possuem o mesmo significado. Enquanto o crescimento econômico está relacionado apenas ao aumento da capacidade produtiva (produção de bens e serviços) da economia (como o crescimento do Produto Interno Bruto - PIB), o desenvolvimento econômico é o crescimento econômico acompanhado pela melhoria da qualidade de vida da população (melhor distribuição de renda, nível de educação, saúde, segurança, alimentação, moradia etc.), ou seja, o crescimento econômico mostra se houve melhora quantitativa da produção do país, enquanto o desenvolvimento econômico mostra se houve mudanças qualitativas nas condições de vida da sociedade e das estruturas produtivas do país (BORBELY, 2016).



#### Assimile

Crescimento econômico e desenvolvimento econômico não possuem o mesmo significado. Enquanto o primeiro está relacionado apenas ao aumento produtivo (PIB) do país, o segundo está relacionado com o crescimento produtivo associado a uma melhora da qualidade de vida da população.

Como vimos, o desenvolvimento econômico de uma determinada região está ligado à possibilidade de melhoria no nível de bem-estar daquele local. Pensar em desenvolvimento econômico é pensar em modernidade, em mão de obra qualificada e valorizada, em inovações tecnológicas produzidas por empresas, que trazem mudanças estruturais ao país (BORBELY, 2016). Assim, a mineração traz geração de riqueza em locais até então esquecidos pela atividade econômica, gerando também emprego no setor mineral e em atividades econômicas correlatas, devido ao aumento de demanda por serviços e por bens de consumo, que estimulam o comércio da região, o que traz a possibilidade da região se desenvolver economicamente. Além disso, também há melhorias sociais, pois as empresas que fazem a extração mineral, por obrigação legal, trazem compensações sociais para a região (por todo o impacto ambiental relacionado à atividade mineral), como a construção de escolas, hospitais e creches, recuperação de nascentes, preservação ambiental, coleta de resíduos etc.

O levantamento e o estudo dos aspectos econômicos e sociais de um determinado local possuem uma forte influência no sucesso ou não do empreendimento minerário. Todas estas medidas estarão presentes no documento chamado Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Esse documento tem a finalidade de estudar e levantar todas as modificações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no ambiente, que foram causadas pela atividade do homem, e, depois de elaborado, deve ser apresentado aos representantes locais e autoridades, para demonstrar o que será realizado e o que será recuperado pela atividade mineral.

Em empresas de extração mineral (assim como em outros segmentos, como construção de rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, oleodutos, usinas de geração de eletricidade etc.), o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é obrigatório por se tratar de uma atividade com significativo impacto ambiental e deve ser feito antes do início da execução da atividade mineral. A Constituição Federal de 1988, art. 225, § 1º, inciso IV, diz que cabe ao poder público “exigir na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade” (BRASIL, 1988). Segundo Caldeira ([s.d.], [s.p.]):

O Estudo de Impacto Ambiental deve justificar o motivo pelo o qual uma atividade tão impactante deverá ser estabelecida naquele local, devendo-se ainda avaliar os possíveis impactos ambientais e sociais negativos que serão gerados em decorrência da implantação e operação da atividade objeto do licenciamento ambiental. Além disso, deve englobar um parecer ambiental acerca da área de influência do empreendimento, bem como análise da situação ambiental da área, considerando os aspectos físico, biológico e socioeconômico, além de uma definição de medidas amenizadoras dos possíveis impactos negativos.



Já o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é um documento que trará as conclusões do EIA, fornecendo informações claras ao órgão ambiental e à população interessada sobre o conteúdo dos impactos ambientais da atividade minerária. Dessa forma, a comunidade local terá mais segurança por ter em mãos uma avaliação técnica do empreendimento, considerando a possibilidade de o projeto de mineração trazer muitos recursos e melhorias para a comunidade.

A mineração possui uma característica única como empreendimento: o fato de possuir uma rigidez locacional, que não permite que seja instalada em qualquer local e necessitar estar onde localiza-se o depósito mineral. A partir disso, a localização do empreendimento representa um fator fundamental na escolha da região onde serão instaladas a infraestrutura necessária para que a operação da mina seja realizada, tanto na fase de lavra como na fase de beneficiamento mineral. No entanto, apesar dessa rigidez locacional da mineração ser vista como um aspecto negativo da atividade minerária, ela pode levar perspectivas de geração de riqueza para áreas distantes dos grandes centros econômicos, que, até então, não recebiam investimentos produtivos, nem atenção do setor público em termos de melhorias relacionadas à infraestrutura básica para a população.

Dentro desse assunto de desenvolvimento econômico, também podemos citar que as melhorias tecnológicas advindas do setor mineral podem contribuir para esse aspecto. De acordo com um modelo econômico chamado de Modelo de Solow, o progresso tecnológico é o que leva ao crescimento do produto por trabalhador (LOPES, 2008, apud VICENTE; LOPES, 2015), ou seja, a tecnologia aumenta a

produtividade das empresas, contribuindo, conseqüentemente, para aumentar a geração de riqueza do país (que, como já vimos, pode se transformar em desenvolvimento econômico).

Segundo Mesquita et al. ([s.d.]), há muita tecnologia sendo criada no setor mineral para: minimizar a geração de rejeitos ou substituir a necessidade de barragens de rejeitos (item já discutido em seções anteriores); automatizar o processo (através da utilização de componentes robóticos instalados em veículos para permitir um controle remoto, por exemplo, e uso de tecnologia de informação e comunicação pelo setor de mineração (como acontece com os sistemas autônomos de movimentação de carga, que estão sendo utilizados por grandes empresas minerais); e desenvolver novos materiais (como o caso do grafeno, citado em seções anteriores). Assim, essa tecnologia mineral pode contribuir para o desenvolvimento econômico de uma região ou país.



### Exemplificando

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um índice que mede o grau de progresso de uma nação, a partir de três dimensões: renda, saúde e educação, sendo utilizado como um indicador do desenvolvimento econômico de uma região. Segundo Sabiá (2014), os municípios com atividade minerária têm os melhores IDHs do Brasil. Os municípios como Parauapebas/PA e Nova Lima/BH (que têm intensa atividade minerária) estão entre as cidades com melhor desenvolvimento econômico do país.

Apesar do lucro proporcionado pela extração de substâncias do nosso subsolo e da possibilidade de o setor contribuir para o desenvolvimento econômico, é necessário salientar que, no Brasil, a atividade mineradora, de maneira geral, é tratada como prejudicial a diversas outras áreas igualmente protegidas e valorizadas socialmente. Nesse aspecto, a pressão existente sobre a mineração é compreensível, já que outros países mineradores (como a Austrália) conseguiram avançar politicamente no sentido de proteger rigorosamente seu meio ambiente e, ao mesmo tempo, enriquecer o Estado e a população por meio desta atividade.

O Brasil possui uma legislação ainda pouco eficiente para impedir acidentes ou cobrar indenizações por danos decorrentes da exploração do minério, fato que pôde ser visto nas punições financeiras (ou falta

delas) que foram impostas aos responsáveis pela tragédia de Mariana/MG. No entanto, isso não significa que a mineração tenha que ser combatida no nosso país. O que estamos dizendo é que, em uma comparação com outros países, precisamos evoluir muito em relação a essa atividade, já que outros Estados nacionais, cuja participação da atividade mineradora no PIB também se apresenta como expressiva, já conscientizaram a população local, que, hoje, enxerga as empresas desse ramo mais como fontes de empregos, renda, desenvolvimento local e regional do que causadores de impactos ambientais e sociais. Países como Chile, Peru e outros da América possuem economias menores do que a brasileira, mas têm populações mais conscientes com relação à importância da mineração.



### Pesquise mais

Para mais informações sobre como um empreendimento minerário pode levar tecnologia, emprego e desenvolvimento para uma região, prejudicando o mínimo possível o meio ambiente, pesquise mais em:

VALE. **S11D**. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LRiwTSbePRg>>. Acesso em: 14 nov. 2017.



### Refleta

Será que essa visão existente no Brasil de que a atividade mineral traz prejuízos ao meio ambiente acontece porque nossa legislação ambiental não é cumprida ou existem outros fatores para essa opinião generalizada?

## Sem medo de errar

Olá, aluno. Conseguiu compreender a importância social, econômica e tecnológica da atividade minerária para uma cidade, estado ou país? Esperamos que sim, pois esse entendimento ajudará a BZ Gold nas audiências públicas com a população da região. Você se lembra do caso?

Você é engenheiro de minas da empresa BZ Gold e está à frente dos trabalhos de abertura de uma mina na região Norte do estado do Pará. No entanto, a população do local não está querendo que seja aberta a mina na cidade, principalmente, após as notícias que

acompanharam sobre a tragédia ocorrida na cidade de Mariana/MG. O prefeito da cidade, para apaziguar os ânimos dos munícipes, agendou audiências públicas na Câmara Municipal para discussão do assunto. Assim, você, em nome da BZ Gold, precisa apresentar para a população os benefícios e os riscos que esta atividade pode levar à região. Será que a impressão da população de que a atividade mineral traz apenas malefícios para a região está correta? Quais benefícios a abertura da mina da BZ Gold pode trazer para a região Norte do Pará?

Caro aluno, na sua apresentação na Câmara Municipal, você terá que expor os fatos de forma sincera e clara para os preocupados munícipes. De forma honesta, deverá dizer que qualquer projeto da magnitude da abertura dessa mina na região Norte do Pará (como a construção de uma estrada, de um túnel, de uma hidrelétrica ou de uma mina de extração mineral) traz riscos para a sociedade. No entanto, você pode conscientizar a população local que a mina cumprirá todos os aspectos relacionados à legislação e que será uma fonte de emprego, renda, desenvolvimento local e regional.

Em sua explicação, você deverá dizer que a mineração traz mais do que crescimento econômico (geração de riqueza) para a cidade, já que gera também empregos diretos (na própria atividade mineral) e indiretos (nas atividades econômicas correlatas, devido ao aumento de demanda por serviços e por bens de consumo que estimula o comércio da região) no local. Além disso, também há melhorias sociais, pois as empresas que fazem a extração mineral, normalmente, trazem compensações sociais para a região (por todo o impacto ambiental relacionado à atividade mineral), como a construção de escolas, hospitais e creches, recuperação de nascentes, preservação ambiental, coleta de resíduos etc. Você também não pode se esquecer de destacar todos os avanços tecnológicos oriundos da atividade mineral (relacionados à minimização de geração de rejeitos ou à substituição da necessidade de barragens de rejeitos; à automatização do processo e ao desenvolvimento de novos materiais, ou seja, você precisa expor aos munícipes que a abertura dessa mina da BZ Gold trará mais do que crescimento econômico para a região, pois haverá um efetivo desenvolvimento econômico (crescimento econômico acompanhado de uma melhoria da qualidade de vida da população). Isso pode ser comprovado pelos índices de IDH das cidades que dispõem de atividade minerária, que estão acima da média nacional.

Todas essas medidas estarão presentes no documento chamado Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que têm a finalidade de estudar e levantar todas as modificações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no ambiente, causadas pela atividade do homem. Esse documento, após ser elaborado, será apresentado aos representantes locais e autoridades (o que acalmará as ansiedades dos munícipes), para demonstrar o que será realizado e o que será recuperado. Dessa forma, a comunidade local terá mais segurança em apoiar a abertura da mina da BZ Gold, pois terá em mãos uma avaliação técnica do empreendimento, considerando a possibilidade de o projeto de mineração trazer muitos recursos e melhorias para a comunidade, de maneira geral.

## Avançando na prática

### Jornalistas levados pela emoção

#### Descrição da situação-problema

Após uma tragédia econômica, social e ambiental causada por um grave acidente ocorrido em uma empresa de mineração, jornalistas do país inteiro começaram a questionar se valia a pena aquela nação incorrer nesses grandes riscos de acidentes gerados pelo setor mineral. Muitos deles, inclusive, diziam que a mineração deveria ser combatida no país.

Em um debate bastante acalorado sobre esse assunto, em um famoso canal de televisão, a plateia dava sua opinião, mostrando-se contrária à atividade mineral. No meio desse programa, uma pessoa que estava na plateia se posicionou de forma contrária à maioria, dizendo que vivia em um município que tinha melhorado em termos econômicos e sociais após uma multinacional começar a extrair ferro naquela cidade. Sua opinião recebeu vaias e gerou um clima de revolta no estúdio onde o programa era gravado. Se você fosse o apresentador desse programa e tivesse que expor sua opinião sobre o assunto, quem seria defendido por você: a maioria da plateia, que se dizia contrária à atividade mineral, ou aquele participante que defendia a extração de minério?

## Resolução da situação-problema

Sendo apresentador do programa e tendo que expressar sua opinião imparcial sobre o assunto, você deveria dizer que, no Brasil, a atividade mineradora ainda é vista como prejudicial ao país (principalmente quando essa análise é feita após um acidente de grandes proporções causado por uma empresa mineradora). Nesse aspecto, a pressão existente sobre a mineração é compreensível, pois nossa legislação ainda não consegue trazer uma segurança jurídica que proteja os cidadãos, ou seja, o Brasil possui uma legislação ainda pouco eficiente para impedir acidentes ou cobrar indenizações por danos decorrentes da exploração do minério. No entanto, isso não significa que a mineração tenha que ser combatida, já que é um setor que gera crescimento e desenvolvimento econômico para muitos municípios, fato que pode ser comprovado pelo IDH acima da média nacional em cidades com atividade minerária.

### Faça valer a pena

**1.** O termo IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) foi criado para avaliar o nível de desenvolvimento humano dos países, ou seja, o modo como vivem as pessoas nas diversas nações do mundo. Esse método foi criado por Mahbud Ul Hag, um economista de origem paquistanesa. A abordagem desenvolvida por tal método oferece um detalhe maior com relação à realidade humana, e não somente aos aspectos econômicos e rendimentos. O estudo ou análise de um IDH se tornou, hoje, um importante instrumento para identificar a evolução e o desenvolvimento dos países.

Fonte: CERQUEIRA, Wagner de. **O que é Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)?** [s.d]. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/o-que-indice-desenvolvimento-humano-idh.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um índice que mede o grau de progresso de uma nação a partir de três dimensões. Quais são essas dimensões?

- a) Renda, saúde e educação.
- b) Renda, segurança e educação.
- c) Renda, saúde e segurança.
- d) Segurança, saúde e educação.
- e) Transporte, segurança e saúde.

**2.** Durante toda a história do Brasil, vários metais tiveram uma grande participação na economia local e possuem grande participação no mercado internacional. A extração desses metais, inclusive, ajudou com a interiorização do país.

Atualmente, quais são os dois principais estados brasileiros no que tange à extração de substâncias minerais?

- a) Pará e Mato Grosso do Sul.
- b) Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.
- c) Pará e Minas Gerais.
- d) Mato Grosso e Espírito Santo.
- e) Mato Grosso e Paraná.

**3.** Crescimento econômico e desenvolvimento econômico são termos parecidos, porém, diferentes, já que cada um deles tem particularidades. Por esse motivo, eles não podem ser utilizados como sinônimos, apesar de isso acontecer, erroneamente, em diversos casos.

Sobre os termos “crescimento econômico” e “desenvolvimento econômico”, assinale a alternativa correta:

- a) Enquanto o termo “crescimento econômico” mostra se houve melhora qualitativa da produção do país, o termo “desenvolvimento econômico” mostra se houve melhora quantitativa da produção do país.
- b) Enquanto o termo “crescimento econômico” mostra se houve melhora na qualidade de vida da população relacionada à saúde e à educação, o termo “desenvolvimento econômico” mostra se houve melhora na renda da população de um país.
- c) Enquanto o termo “crescimento econômico” mostra se houve aumento da capacidade produtiva do país, o termo “desenvolvimento econômico” mostra se houve melhora apenas na segurança da população de um país.
- d) Enquanto o termo “crescimento econômico” mostra apenas se houve aumento na capacidade produtiva da economia, o termo “desenvolvimento econômico” mostra se houve crescimento econômico acompanhado pela melhoria da qualidade de vida da população.
- e) Enquanto o termo “crescimento econômico” mostra se houve melhora no nível de educação e de renda em um país, o termo “desenvolvimento econômico” mostra apenas se houve melhora na distribuição de renda e saúde em um país.

## Seção 2.2

### Legislação mineral vigente: aspectos legais

#### Diálogo aberto

Olá, aluno!

Quando você vai tirar um passaporte para viajar ao exterior, por exemplo, precisa cumprir todo o trâmite específico para essa ação: preencher um formulário eletrônico, pagar a taxa, levar a documentação exigida no horário agendado no departamento da Polícia Federal e retirar o passaporte. Essa exigência burocrático-legal também existe quando uma empresa quer abrir uma mina e esse assunto será tratado nesta Seção 2.2. Para nos ajudar nesta caminhada, veremos mais uma situação que aconteceu na empresa mineradora BZ Gold.

A empresa BZ Gold, mineradora com vários projetos de extração de ouro no Brasil, está em busca de novas áreas de pesquisa, tendo interesse especial na Região Norte do estado do Pará, onde realizará a pesquisa mineral para extrair ouro em larga escala. Você trabalha como engenheiro de minas na BZ Gold, estando responsável por esse trabalho, mas possui algumas dúvidas com relação aos procedimentos legais que precisam ser adotados para o licenciamento e o requerimento que autoriza pesquisas minerais na região, junto ao órgão responsável, o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). Como a empresa BZ Gold quer fazer essa mineração de forma legal, qual regime de aproveitamento dos recursos minerais (modalidade legal) deve ser pleiteado por ela? Por qual motivo os outros regimes não são indicados para esse caso?

Saber estes motivos fará toda a diferença, pois eles serão os responsáveis para a indicação do prazo em que sairá o alvará de pesquisa e as taxas que serão cobradas por essa documentação. Você está encarregado de ir ao DNPM e buscar essas informações a respeito dos tipos de Regime de Pesquisa.

Bom trabalho!

## Não pode faltar

Caro aluno, começaremos nossa seção falando de um assunto extremamente importante para a sua formação na área da mineração: a legislação mineral.

A legislação mineral é baseada em alguns princípios que são fundamentais para melhorar o entendimento dos processos que transformam um depósito mineral em uma mina. Por isso, preste bastante atenção aos conteúdos que serão apresentados na Seção 2.2.

Aprendemos em aulas anteriores que a extração das substâncias minerais encontradas na natureza é fundamental para mantermos o padrão de conforto e para a produção de bens vitais para a humanidade. Sem a atividade minerária, voltaríamos, provavelmente, para a Idade da Pedra. Em contrapartida, a extração e o aproveitamento mineral precisam ser regulados por órgãos competentes através de uma legislação específica para evitar que ocorram ilegalidades e atividades que gerem danos a outras partes.

### **Princípios gerais que regem a fase de pesquisa mineral e a fase de lavra (operação de mina)**

Como já vimos, a **pesquisa mineral** é a fase do projeto de uma mina em que são realizados os trabalhos de prospecção mineral e exploração mineral. A prospecção mineral consiste na fase de descoberta do bem mineral. Para ocorrer esta descoberta, existem vários métodos de pesquisa que são geralmente realizados através de mapas geofísicos e geológicos. Caso necessário, é importante que o técnico ou o geólogo realize um mapeamento da região para levantar os indícios da existência da substância de interesse, através de registros de afloramentos e ocorrências minerais que possam indicar a presença do depósito.

Para o estudo de qualquer depósito mineral, o geólogo (ou engenheiro de minas) poderá usar diversos tipos de pesquisa, que podem ser divididos em métodos indiretos e métodos diretos de pesquisa.

Os métodos indiretos (aqueles em que o profissional não tem contato direto com as amostras das substâncias a serem estudadas, e, portanto, não são baseados através de uma simples observação) podem ser subdivididos em dois tipos: métodos geofísicos (medidas

de propriedades físicas na área de interesse, como o “GPR”, Radar de Penetração no Solo) e métodos geoquímicos (aqueles que se utilizam de conhecimentos químicos para resolver problemas geológicos, através das propriedades químicas das substâncias minerais). Já os métodos diretos permitem ao técnico que trabalha na pesquisa mineral ter contato direto com a substância mineral, pela realização de trincheiras (bastante comum nos trabalhos de pesquisa mineral, devido ao seu baixo custo), poços, galerias, por testemunhos nas sondagens a trado (utilizadas em depósitos superficiais como os de bauxita e areia), percussivas, rotativas ou rotopercussivas (comuns de serem feitas em pesquisas de ouro e minério de ferro).

Já a fase de lavra (operação de mina) consiste, basicamente, em quatro etapas, mais conhecidas como operações unitárias da lavra: perfuração, desmonte, carregamento e transporte. Essa fase pode ser feita através de dois métodos principais: a lavra a céu aberto ou a lavra subterrânea.

Ao avaliar um empreendimento mineiro, antes mesmo de ter sido realizado qualquer trabalho, é importante destacar que a fase de pesquisa é extremamente importante nesta avaliação, visto que demanda altos custos para o empreendedor e pode definir se o empreendimento é viável ou não. As áreas de pesquisa têm como principal característica serem investimentos de alto risco, visto que depois de realizados os estudos necessários para saber mais a respeito do depósito mineral, isso não é garantia de sucesso, já que muitas áreas pesquisadas não prosseguem para a fase de lavra por diversos fatores, como o depósito mineral não possuir quantidade ou qualidade suficiente para ser lavrado e vendido com lucro.

É importante destacar dois conceitos fundamentais na vida do estudante de Engenharia de Minas: ocorrência mineral e jazida. O termo **ocorrência mineral** é utilizado quando o depósito mineral (ou a concentração natural de qualquer substância mineral) ainda não foi estudado ou não possui qualidade ou quantidade suficiente para ser lavrado e comercializado com lucro. Por outro lado, **jazida** é o termo usado para denominar um depósito mineral que foi estudado e está comprovada a sua viabilidade técnica e econômica, que depende, basicamente: do teor do minério de interesse, da existência de processos tecnológicos para o processamento do mineral presente no depósito, da quantidade suficiente para produção e comercialização com lucro, entre outros. O entendimento desses

fatores é fundamental para que os estudos nesta área sejam bem-sucedidos pelo técnico, engenheiro de minas, que realiza a avaliação.

Quando é encontrada uma jazida, a abertura de uma mina precisa seguir toda a legislação mineral do país. Em primeiro lugar, verificaremos o que a Constituição diz a respeito dos recursos minerais. De acordo com o artigo 176 da Constituição Federativa de 1988, os recursos minerais pertencem à União. O minerador que deseja extrair qualquer substância mineral precisa solicitar uma autorização no órgão fiscalizador responsável, o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), de acordo com a substância de interesse e a finalidade do seu uso.

Com relação às solicitações das autorizações para o minerador realizar a pesquisa mineral, a legislação é bem clara ao dizer que o direito de prioridade para realizar a pesquisa mineral em determinada área pertence àquele que protocolar primeiro o requerimento no DNPM, ou seja, segue a prioridade por ordem de chegada. Para facilitar o entendimento, é necessário que o minerador (ou investidor) contrate um geólogo ou engenheiro de minas para realizar os trabalhos técnicos de pesquisa e elaborar os relatórios (pelos quais serão os responsáveis técnicos). Depois de elaborar o requerimento, é necessário protocolá-lo na Superintendência do DNPM no Estado ao qual pertence a área em que será estudada a substância mineral.

Como estamos falando constantemente sobre o DNPM, detalharemos algumas de suas funções. O Departamento Nacional de Produção Mineral é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com participação em todo o território nacional, sede em Brasília e Superintendências nos estados da Federação, sendo o órgão responsável por normatizar e fiscalizar todas as atividades minerárias do país, seguindo o que diz o Código de Mineração. Podemos dizer que esse órgão tem como finalidade:

**Promover o planejamento e o fomento da exploração mineral e do aproveitamento dos recursos minerais e superintender as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, na forma do que dispõem o Código de Mineração, o Código de Águas Minerais, os respectivos regulamentos e a legislação que os complementa. [s.d.], [s.p.]**



Antes de continuarmos nossos estudos sobre legislação mineral, é importante ressaltar que no momento em que este material foi escrito, transitavam no Congresso Nacional algumas Medidas Provisórias (789, 790 e 791) sobre o assunto, que estavam em vias de fato de serem sancionadas. Portanto, algumas informações descritas na sequência podem ter sido alteradas, cabendo uma pesquisa atenta da sua parte sobre essas possíveis atualizações.

As substâncias minerais possuem peculiaridades únicas e, por isso, a sua pesquisa e o seu aproveitamento precisam ser específicos, de acordo com essas características. Isso significa dizer que a realidade para o aproveitamento destas substâncias varia em cada situação e precisa ser analisada separadamente. Como exemplo, podemos citar substâncias que são exploradas com o intuito de fornecer matéria-prima para a construção civil, enquanto outras já fazem parte de outra realidade, sendo explotadas na beira do rio, através de trabalhadores com baixo recurso tecnológico para extração. Nessa gama de diversidades extrativas, também podemos citar aquelas substâncias minerais que são exploradas com o objetivo de permitir uma produção em larga escala e atender ao mercado internacional, como o mercado de substâncias metálicas, o alumínio, o minério de ferro, o cobre, entre outros. O que isso implica em termos de legislação mineral? A diversidade de substâncias minerais, o grau de dificuldade de seu aproveitamento, o destino da produção obtida, além de aspectos de caráter social deram ensejo para que fossem disponibilizadas no Brasil as seguintes modalidades legais ou regimes de aproveitamento dos recursos minerais, conforme o Código de Mineração, no artigo 2º: a) Regime de Autorização e Concessão; b) Regime de Licenciamento; c) Regime de Permissão de Lavra Garimpeira e d) Regime de Extração.

Em todos esses regimes, o objetivo final é o mesmo: a obtenção de um título minerário que permita que o requerente aproveite o recurso mineral. O Regime de Autorização e Concessão é emitido pelo Ministério das Minas e Energia, enquanto os demais são emitidos nas próprias Superintendências do DNPM de cada Estado. Conheceremos com mais detalhes cada um desses quatro regimes citados.

O **Regime de Autorização e Concessão de Pesquisa** é o regime de aproveitamento de determinada substância mineral em que são executados vários trabalhos para levantamento de informações sobre a jazida, com o objetivo final de avaliar e determinar sua

viabilidade técnica e econômica. O título obtido pelo requerente é o Alvará de Pesquisa, que permite ao minerador realizar a pesquisa e comprová-la, no prazo de 2 ou 3 anos, de acordo com a substância de interesse ou a localização geográfica da área. Esses trabalhos de pesquisa têm como objetivo definir as principais características do corpo mineral a ser pesquisado, ou seja, quantificar, qualificar e melhorar a localização da substância de interesse. É importante lembrar que algumas substâncias são consideradas monopólio da União, como o petróleo, o gás e elementos considerados radioativos, como o urânio, sendo que para elas não é possível a obtenção do alvará de pesquisa, via regime de autorização e concessão.

Identificada a área de interesse como potencial, o interessado (que pode ser pessoa física ou jurídica) deverá realizar a coleta de uma coordenada geográfica da área e realizar a consulta no site do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), através de um sistema como o SIGMINE <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>>, que é oferecido gratuitamente para consulta.

Com a poligonal da área definida, é necessário entrar no sistema do DNPM, no chamado Cadastro Mineiro <<http://www.dnpm.gov.br/assuntos/ao-minerador/cadastro-mineiro>>, e preencher um requerimento eletrônico, no qual o requerente informará os dados da área a ser pesquisada e as informações da substância de interesse. Antes, é importante realizar um cadastro do requerente através da ficha cadastral, disponível também no site do DNPM <<https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/Extra/site/requerimento/preencherFichaCadastral.aspx>>.

De acordo com o Código de Mineração, o titular do alvará de pesquisa é obrigado a iniciar os trabalhos de pesquisa mineral da substância de interesse dentro de sessenta dias, contados a partir da publicação do alvará de pesquisa no Diário Oficial da União, caso seja o superficiário, ou seja, o proprietário do terreno onde será realizada a pesquisa. Vale destacar que caso o minerador encontre outra substância mineral útil, além da que foi informada para obter o alvará de pesquisa, isso deverá ser comunicado imediatamente ao DNPM, assim como se houver paralisação ou interrupções nos trabalhos de pesquisa.

É importante lembrar que estão habilitados e capacitados para realizarem os trabalhos de Requerimento de Autorização e Concessão de Pesquisa o engenheiro de minas ou o geólogo.

Com os formulários preenchidos, as taxas de requerimento pagas e o Plano de Pesquisa pronto, é necessário protocolar tudo na Superintendência do DNPM do Estado onde está situada a área de interesse, para que se dê início ao processo.

A segunda modalidade é o Regime de Licenciamento. De acordo com o Portal da Outorga ([s.d.]b, [s.p.]), sobre o registro de extração:



O licenciamento é um regime de aproveitamento de substâncias minerais no qual é registrada, no DNPM, licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais, e que permite a extração de determinados bens minerais.

Neste regime, é realizada a solicitação de autorização (por pessoa física ou jurídica) para realização da pesquisa de substâncias minerais com emprego imediato na construção civil. Dentro deste grupo de substâncias, cabe uma série de agregados e rochas industriais, como areia, cascalho, saibro etc.

O requerimento de substâncias minerais que estão classificadas neste regime fica limitado à área máxima de 50 hectares e é permitido, exclusivamente, ao proprietário do terreno ou a quem ele autorizar para realizar estes trabalhos.

Com relação ao Regime de Autorização de Pesquisa, o processo para obter o título no Regime de Licenciamento é bem mais rápido, pois os trâmites ocorrem na superintendência. Em contrapartida, ele possui certa dependência em relação às prefeituras dos municípios e dos proprietários da terra onde as áreas de interesse estão localizadas, o que pode ser um fator complicador. O prazo de vigência do título está atrelado às autorizações concedidas pelas prefeituras e pelos superficiários.

O processo de requerimento da área no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) segue os mesmos trâmites já citados no Regime de Autorização de Pesquisa, com preenchimento de formulários que constam no site, realização da ficha cadastral e pagamento de taxas relacionadas a esse tipo de regime.

Já o **Regime de Permissão de Lavra Garimpeira** é uma autorização expedida por órgão competente para a extração de substâncias minerais com aproveitamento imediato do jazimento

mineral, que por sua natureza, sobretudo seu pequeno volume e a distribuição irregular do bem mineral, não justifica, muitas vezes, investimento em trabalhos de pesquisa, o que torna a lavra garimpeira a mais indicada (PORTAL DA OUTORGA, s.d.). Quais minerais são considerados como garimpáveis?

São considerados como minerais garimpáveis: ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, volframita, nas formas aluvionar, eluvional e coluvial, scheelita, demais gemas, rutilo, quartzo, berilo, moscovita, espodumênio, lepidolita, feldspato, mica e outros tipos de ocorrência que vierem a ser indicados a critério do DNPM. (PORTAL DA OUTORGA, [s.d.]a, [s.p.]

As áreas máximas a serem pesquisadas variam de 50 a 2000 hectares, com exceção das áreas situadas na região da Amazônia Legal, que possuem autorização para pesquisar áreas maiores do que as citadas. É importante lembrar que, assim como ocorre para as liberações dos outros regimes de aproveitamento dos recursos minerais, para que ocorra uma lavra garimpeira existe também todo um trâmite burocrático a fim de que essa permissão seja autorizada.

Já o **Regime de Extração** é uma declaração fornecida pelo DNPM, exclusivamente aos órgãos públicos (da administração direta ou autárquica da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios), que permite a extração de substâncias minerais que serão utilizadas imediatamente na construção civil (apenas) em obras públicas (PORTAL DA OUTORGA, [s.d.]b). Quais substâncias minerais podem ter emprego imediato na construção civil?

Consideram-se substâncias minerais de emprego imediato na construção civil:

- I - areia, cascalho e saibro, quando utilizados in natura na construção civil e no preparo de agregados e argamassas;
- II - material síltico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo;
- III - rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e,
- IV - rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil. (PORTAL DA OUTORGA, [s.d.]b, [s.p.]

Esse tipo de modalidade legal está limitado à área máxima de 5 hectares, sendo que o seu prazo (determinado a juízo do DNPM) pode ser de até cinco anos, de acordo com as necessidades da obra a ser executada e a extensão da área objetivada no requerimento (PORTAL DA OUTORGA, [s.d.]).

Na Tabela 2.1, temos uma ideia de quantas outorgas de títulos minerários foram feitas em 2015.

Tabela 2.1 | Quantidade de outorgas de Títulos Minerários, em 2015, para as principais substâncias metálicas

Substância	Autorização de Pesquisa	Concessão de Lavra	Permissão de Lavra Garimpeira
Total	7.469	34	123

Fonte: adaptada de DNPM (2016, p. 25).

## Principais conceitos técnicos da legislação mineral

Como já foi citado, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu artigo 20, parágrafo primeiro, define que todo recurso mineral, inclusive do subsolo, pertence à União. Ela define também que o setor público terá participação no resultado em qualquer atividade de extração mineral, sendo pago ao governo um percentual baseado no que é produzido. Para isso, alguns tributos são bem conhecidos entre os mineradores e destacaremos dois: a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerários) e a TAH (Taxa Anual por Hectare).

A CFEM é a taxa paga por todo minerador que produz e comercializa qualquer quantidade de substância mineral, sendo cobrada de acordo com a substância mineral produzida, devendo ser paga, mês a mês, pelo empreendedor, tendo como base de incidência o faturamento líquido da mineradora. O órgão que administra a CFEM e exerce a fiscalização sobre a sua arrecadação é o DNPM. A CFEM é um tributo recolhido pelo governo, até a aprovação das Medidas Provisórias citadas anteriormente, que incide sobre o faturamento líquido da mineradora.

Antes da sanção da Medida Provisória (MP) 789, as alíquotas da CFEM aplicadas no cálculo deste tributo eram as seguintes:

- 3% sobre minério de alumínio, manganês, sal-gema e potássio.
- 2% sobre ferro, fertilizante, carvão, demais substâncias.
- 1% sobre ouro.

- 0,2% sobre pedras preciosas, pedras coradas lapidáveis, carbonetos e metais nobres (BRASIL, 2015).

Caso a MP 789 fosse sancionada da maneira que chegou ao poder executivo, ficaria mantida a variação da alíquota de 0,2% a 3% (de acordo com a substância mineral), com pequenas variações em alguns minerais, sendo que a maior mudança seria em relação ao minério de ferro, para o qual a alíquota mudaria de 2% para 3,5%.

As alíquotas são aplicadas com base no faturamento líquido ou sobre as despesas diretas somadas com as despesas indiretas. A arrecadação da CFEM é distribuída para os órgãos governamentais da seguinte forma:

- 12% para a União.
- 23% para o Estado onde ocorreu a extração mineral.
- 65% para o município produtor (DNPM, [s.d.]).

Estas informações são comprovadas todo mês de março de cada ano, através da declaração de todos os tributos pagos e produtos produzidos, em um documento chamado RAL (Relatório Anual de Lavra). RAL é o relatório eletrônico que tem como função controlar a produção mineral no país pelo DNPM, e precisa ser elaborado por um técnico registrado no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), engenheiro de minas, de acordo com a legislação mineral, e nele devem constar dados referentes aos seguintes itens:

- Quantidade de funcionários na lavra e beneficiamento.
- Total dos investimentos realizados na mina e na pesquisa mineral.
- Balanço anual da empresa.
- Quadro mensal que contém produção, estoque, destino do produto, preço médio, recolhimentos de impostos etc.
- Método de lavra utilizado, mercado consumidor das substâncias minerais produzidas.

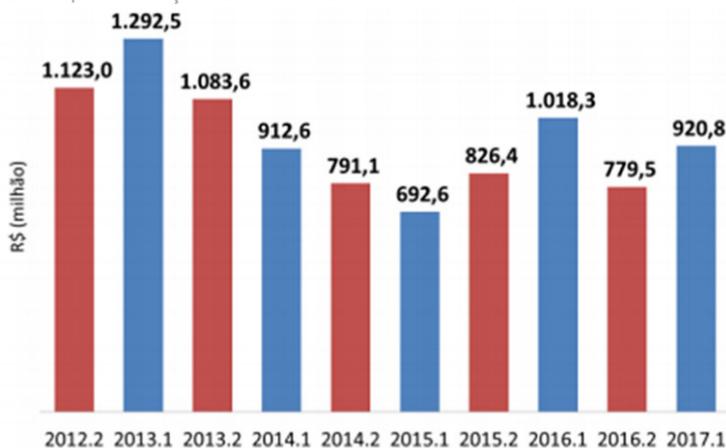
É importante salientar que todo produtor precisa entregar o Relatório Anual de Lavra, esteja a lavra em atividade ou não.

Com relação à TAH, ela é um tributo que incide sobre a área, em hectare, que o minerador precisa pagar na fase de pesquisa mineral, ou seja, quanto maior a área requerida para pesquisa, maior será a

Taxa Anual por Hectare. Neste momento, é importante ficar atento à conversão de unidades de medidas e lembrar que 1 hectare, que pode ser representado por “ha”, possui 10.000 metros quadrados.

Para que você tenha uma ideia do volume de recursos que esses tributos geram de arrecadação para o governo, acompanhe alguns dados nos Gráficos 2.1 e 2.2.

Gráfico 2.1 | Arrecadação semestral de CFEM 2012.2 - 2017.1



Fonte: DNPM (2017, p. 10).

Gráfico 2.2 | Arrecadação semestral da TAH 2012.2 - 2017.1



Fonte: DNPM (2017, p. 11).

Para finalizar, no Quadro 2.1, temos os principais passos para a abertura de uma mina, desde o estágio inicial, no qual são reveladas as substâncias presentes na região, até a concessão de lavra:

Quadro 2.1 | Passos para a abertura de uma mina

1. Busca da área de interesse.
2. Realização do Requerimento no DNPM de acordo com as características do empreendimento.
- 3.) Obtenção da Licença Ambiental para licenciamento, até 60 dias do Requerimento.
4. Exigência com cumprimento do prazo de 30 a 60 dias.
5. Publicação do Alvará de Pesquisa.
6. Comunicação ao DNPM do início dos trabalhos de pesquisa, até 60 dias após a publicação do Alvará.
7. Pagamento da Taxa Anual por Hectares (TAH) durante a vigência do Alvará de Pesquisa.
8. Acordo com o superficiário.
9. Renúncia do Alvará de Pesquisa (até 1/3 da vigência do Alvará após a sua publicação).
10. Renovação do Alvará de Pesquisa (60 dias antes do vencimento).
11. Relatório Final de Pesquisa (3 anos após a sua publicação).
12. Publicação da aprovação da renovação do Alvará de Pesquisa.
13. Publicação da aprovação do Relatório Final de Pesquisa:
  - Constituição da empresa.
  - Registro no DNPM.
  - Registro no CREA.
  - Indicação do Responsável Técnico.
14. Apresentação ao DNPM do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE), até 1 ano após a publicação do Relatório Final de Pesquisa.
15. Licença Ambiental Prévia (LP) e Licença de Instalação (LI), no Órgão Ambiental. Apresentação da LI no DNPM.
16. Obtenção da Licença Ambiental de Operação (LO).
17. Publicação da Portaria de Lavra no Diário Oficial da União (DOU), Alvará de Licença.
18. Pedido de emissão de posse da jazida em até 90 dias após a publicação da Portaria de Lavra.
19. Relatório Anual de Lavra, até 15 de março de cada ano.

Fonte: elaborado pelo autor.



## Assimile

Qual o regime adequado para determinada substância mineral? Esta escolha dependerá também da aplicação dessa substância no mercado. Se forem minerais metálicos em geral, haverá o enquadramento no regime de autorização e concessão de pesquisa. Se forem minerais ou rochas com emprego imediato na construção civil, será utilizado o Regime de Licenciamento, mas se esse emprego se der na construção civil para atender algum órgão governamental, haverá o enquadramento como Regime de Extração. Já se a atividade de lavra for através da atividade de garimpo, será utilizado o Regime de Lavra Garimpeira.



## Refleta

Qual o papel do engenheiro de minas que pretende obter uma área de interesse para pesquisa mineral por parte de uma mineradora e que futuramente pode se tornar uma mina?



## Exemplificando

A empresa Canadian Gold pretende iniciar os trabalhos de pesquisa de jazidas de ouro em uma determinada região, e precisa, antes de tudo, buscar todo tipo de informação a respeito daquela área, com visitas regulares no local e consultando a legislação e os sistemas disponíveis no site do DNPM, como o SIGMINE. O engenheiro de minas e o geólogo têm um papel fundamental nesta fase, auxiliando na busca da informação mais correta e orientando para que o processo prossiga com maior celeridade.

O tipo de regime a ser utilizado para esta substância será o Regime de Autorização e Concessão, com áreas máximas para requerer até 2000 hectares em regiões fora da Amazônia Legal. Na região da Amazônia Legal, esse limite de área máxima sobe para 10.000 hectares.

Para conseguir esse requerimento, o primeiro passo será acessar o sistema SIGMINE, pelo responsável técnico, e verificar se a área de interesse está livre ou já foi requerida. Se a área estiver livre, basta protocolar o documento na Superintendência do DNPM do Estado onde se encontra a área de interesse.



Caro aluno, busque mais informações a respeito deste tema tão importante para a área mineral no site do DNPM, e procure conhecer a fundo sobre a Legislação Mineral. De uma forma simples e objetiva, acesse o Guia do Minerador, que contém as principais informações da legislação mineral.

Fonte: DNPM. **Guia do minerador**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/indice.php>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

## Sem medo de errar

Para resolver os problemas da BZ Gold (qual regime de aproveitamento dos recursos minerais - modalidade legal - deve ser pleiteado por ela e por qual motivo os outros regimes não são indicados para esse caso), precisamos, antes de qualquer trabalho, estudar qual o regime mais adequado para a pesquisa e a extração da substância ouro, em larga escala. Nesse caso, o regime mais adequado é o Regime de Autorização e Concessão, pois engloba minerais metálicos que possuem uma produção considerável e fazem uso de tecnologia na lavra compatível com outros processos que utilizam esse regime.

Para esse caso da BZ Gold, não podemos citar o Regime de Permissão de Lavra Garimpeira, pois apesar de existirem muitos garimpos que pesquisam e extraem a substância ouro sob essa autorização, os recursos que a empresa BZ Gold possui para pesquisa e extração, sua alta escala de produção e o grande investimento em maquinário a permitem escolher o Regime de Autorização e Concessão, ao invés do Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.

Diferentemente desse regime, o Registro de Licenciamento e o Registro de Extração são utilizados em situações específicas, em que temos o emprego da substância mineral na construção civil, o que não é o caso da BZ Gold, que pretende produzir ouro em larga escala.

Dessa forma, após a realização da pesquisa, será necessário que você, como engenheiro de minas da BZ Gold, elabore e protocole o documento "Relatório Final de Pesquisa", em que serão apresentados todos os dados referentes à pesquisa realizada.

### Plano de Pesquisa - calcário

#### Descrição da situação-problema

A empresa JJ Mineração precisa definir, no Plano de Pesquisa (documento fundamental para o protocolo do requerimento no DNPM), quais são os métodos de pesquisa que serão utilizados para a substância-alvo na Região Norte: o calcário. Assim, o engenheiro de minas Carlos, recém-contratado pela JJ, ficou responsável por realizar o levantamento de todos os custos tributáveis envolvidos na atividade minerária, mas não tem certeza dos tributos que são obrigatórios para exercer a atividade minerária, desde a pesquisa mineral. Quais são os tributos específicos que recaem sobre a atividade mineral e como eles são calculados? Ajude o funcionário Carlos a encontrar as respostas para esses questionamentos.

#### Resolução da situação-problema

Para realizar um trabalho de pesquisa mineral de qualquer substância, é necessário conhecer bem os tributos envolvidos nessa atividade, que serão pagos pelo minerador ao longo dos anos de atividade da mina.

Na fase de Pesquisa Mineral, após a publicação do Alvará de Pesquisa (documento obrigatório para iniciar os trabalhos de pesquisa), o minerador terá que pagar um percentual de acordo com a área requerida para pesquisa. Esta taxa é a TAH (Taxa Anual por Hectare). O valor da TAH pode ser consultado no site do DNPM, sendo atualizado periodicamente. Caso não seja paga ou ocorra algum atraso no pagamento, será cobrada multa.

Outro tributo de grande importância para o minerador e que foi sendo muito discutido no ano de 2017, é a CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais). Esse tributo é pago após o minerador iniciar a extração da substância mineral, sendo que o percentual a ser pago varia de acordo com a substância que está sendo lavrada (o pagamento é controlado pelo DNPM). É importante lembrar que esse é um imposto que incide sobre a venda do produto e não sobre o que é produzido.

Todos os tributos pagos são controlados pelo DNPM através da entrega do RAL (Relatório de Lavra Anual), que é um documento obrigatório para todo minerador que esteja na fase de lavra, mesmo que ela estiver paralisada. No RAL, entregue anualmente, são apresentados todos os tributos que foram pagos e os respectivos levantamentos de estoque, produção, gastos etc.

## Faça valer a pena

**1.** Existe um tipo de regime de aproveitamento dos recursos minerais que permite a extração de substâncias de uso imediato na construção civil, para que sejam utilizados somente em obras públicas, excluindo todos os casos de aplicação na construção civil para uso privado.

Qual o tipo de regime de aproveitamento dos recursos minerais que possui essas características?

- a) Regime de Permissão de Lavra Garimpeira.
- b) Regime de Extração.
- c) Regime de Pesquisa.
- d) Regime de Licenciamento.
- e) Regime de Autorização de Pesquisa.

**2.** A CFEM, estabelecida pela Constituição de 1988, é devida aos estados, ao Distrito Federal, aos municípios e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios.

Sobre esse assunto, leia as seguintes assertivas:

- I. A sigla CFEM significa Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais.
  - II. A CFEM é administrada pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral).
  - III. A alíquota aplicada para o cálculo da CFEM varia de acordo com a substância mineral.
  - IV. A CFEM incide sobre a venda do produto e não sobre o que é produzido.
- Após análise das assertivas apresentadas, quais delas estão corretas?

- a) As assertivas II, III e IV estão corretas.
- b) As assertivas I, II e III estão corretas.
- c) As assertivas I, II e IV estão corretas.
- d) As assertivas I e IV estão corretas.
- e) As assertivas I e III estão corretas.

**3.** RAL (Relatório Anual de Lavra) é o relatório eletrônico que tem como função controlar a produção mineral no país pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) e precisa ser elaborado por um técnico registrado no CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), engenheiro de minas.

De acordo com a legislação mineral, qual dado deve constar no RAL (Relatório Anual de Lavra)?

- a) Principais clientes.
- b) Quadro mensal com a produção de minério.
- c) Estatísticas com produção diária.
- d) Quantitativo de ex-funcionários por etapa.
- e) Doações feitas às comunidades vizinhas.

## Seção 2.3

### Fundamentos da pesquisa geológica e métodos de pesquisa mineral de acordo com as características geológicas das substâncias

#### Diálogo aberto

Caro aluno, para que seja dado início aos estudos de abertura de uma mina, é necessária uma autorização para realizar a pesquisa mineral, que é o primeiro passo (de vários) para legalizar uma área em potencial e extrair uma substância mineral. Com essa autorização em mãos, a empresa mineradora precisará escolher o método mais adequado para realizar a pesquisa mineral e esse será o foco do nosso estudo na Seção 2.3.

Para facilitar a compreensão desse assunto, apresentaremos mais uma situação enfrentada na BZ Gold.

Você foi contratado como engenheiro de minas pela mineradora BZ Gold e precisa estudar novas áreas para pesquisar a substância mineral ouro. A BZ Gold conta com um plano agressivo de se tornar a maior produtora mundial de ouro e tem planos de estudar muitas áreas na Região Norte do estado do Pará. Para isso, será necessário realizar vários Requerimentos de Pesquisa Mineral para esta substância. Atualmente, a BZ Gold não conta com funcionário que tenha conhecimento específico em legislação mineral e alguém que possa elaborar um Plano de Pesquisa para protocolar no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). Por esse motivo, um de seus superiores lhe transfere essa responsabilidade e, inicialmente, lhe passa como primeira atribuição a estruturação, dentro desse Plano de Pesquisa, da maneira que será realizada a pesquisa geológica do ouro, descrevendo os métodos que serão utilizados (este, inclusive, é o produto que será entregue nesta Unidade 2). Por experiência em empresas anteriores, você sabe que os depósitos minerais que contêm a substância ouro possuem, geralmente, grandes profundidades e corpos verticalizados. Dentre os diversos métodos para a pesquisa mineral, qual é o mais adequado para a BZ Gold, de acordo com as características do depósito

mineral? Por qual motivo os outros métodos não são adequados, nessa situação, para a BZ Gold?

Bons estudos!

## Não pode faltar

Caro aluno, descreveremos da melhor maneira como se elabora um Plano de Pesquisa, requisito fundamental para obtermos o alvará de pesquisa no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral).

O Plano de Pesquisa, segundo o artigo 16 do Código de Mineração, possui alguns requisitos básicos:



**Art. 16** - A autorização de pesquisa será pleiteada em requerimento dirigido ao Diretor-Geral do DNPM, entregue mediante recibo no Protocolo do DNPM, onde será mecanicamente numerado e registrado, devendo ser apresentado em duas vias e conter os seguintes elementos de instrução:

I - nome, indicação da nacionalidade, do estado civil, da profissão, do domicílio, e do número de inscrição no Cadastro de Pessoas Físicas do Ministério da Fazenda do requerente, pessoa natural. Em se tratando de pessoa jurídica, razão social, número do registro de seus atos constitutivos no Órgão de Registro de Comércio competente, endereço e número de inscrição no Cadastro Geral dos Contribuintes do Ministério da Fazenda;

II - prova de recolhimento dos respectivos emolumentos;

III - designação das substâncias a pesquisar;

IV - indicação da extensão superficial da área objetivada, em hectares, e do Município e Estado em que se situa;

V - memorial descritivo da área pretendida, nos termos a serem definidos em portaria do Diretor-Geral do DNPM;

VI - planta de situação, cuja configuração e elementos de informação serão estabelecidos em portaria do Diretor-Geral do DNPM;

VII - plano dos trabalhos de pesquisa, acompanhado do orçamento e cronograma previstos para a sua execução. (BRASIL, 1967, [s.p.]

Assim, o Plano de Pesquisa faz parte dos documentos que devem ser protocolados no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) para compor o Requerimento de Pesquisa e deve seguir diversos pré-requisitos antes de ser elaborado e passar pela avaliação de um responsável técnico. Esse documento pode ser elaborado por um geólogo ou engenheiro de minas. A outra parte do requerimento é toda preenchida na internet, com formulários e coordenadas dos vértices da poligonal de interesse. Para isso, é necessário realizar um cadastro no site do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) e, a partir dele, realizar o registro da área de interesse.

Devemos iniciar os trabalhos para elaboração do Plano de Pesquisa levantando dados a respeito do município e da região onde se encontra a substância de interesse. Na parte de introdução do Plano de Pesquisa, é fundamental que o responsável técnico pelo plano inclua, além de outros indicadores, o IDH do município em estudo, pois esse indicador revelará o índice de desenvolvimento humano da região, que pode auxiliar o técnico, por exemplo, a estudar a oferta de mão de obra naquele local que poderá ser aproveitada no projeto de mineração.

Para realizar o cadastro do Requerimento de Pesquisa no site do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), é necessário que se tenha um conhecimento prévio dos sistemas de coordenadas. O DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) aceita somente como referencial geodésico o sistema SIRGAS 2000. Atualmente, utilizam-se também outros sistemas, como o UTM (Universal Transversa de Mercator), o sistema SAD 69 e o sistema WGS 84, que possuem uma diferença considerada pequena em relação ao SIRGAS 2000, mas que não são aceitos no cadastro do Requerimento de Pesquisa no site do DNPM.

A geologia da região onde será requisitada a área para pesquisa também precisa constar no Plano de Pesquisa. Isso faz com que seja necessário detalhar os grupos e os subgrupos em que a área está inserida, ação que poderá ser feita com o levantamento dos mapeamentos geológicos que foram realizados no local, com base em diversas referências bibliográficas, de autores distintos. Essa parte do trabalho exige muita dedicação e o profissional pode realizar esse levantamento bibliográfico em bibliotecas e no site do

CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais), além de buscar mapas geológicos e colunas estratigráficas da geologia local e regional.

O profissional responsável pelo trabalho também terá que elaborar um cronograma da pesquisa geológica, que, assim como o quadro orçamentário, é obrigatório e precisa constar no plano. Esse cronograma deverá conter o prazo que é exigido para a realização de cada atividade da pesquisa e o período para elaboração e apresentação do Plano de Pesquisa, que varia de 24 a 36 meses.

Quadro 2.2 | Exemplo de cronograma do Plano de Pesquisa

CRONOGRAMA - PLANO DE PESQUISA																									
Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1. Infraestrutura																									
1.1. Almoarifado																									
1.2. Instalações Sanitárias																									
2. Serviços Topográficos																									
2.1. Levantamento Planialtimétrico																									
2.2. Locação de furos de sondagem																									
2.3. Locação de Trincheiras																									
3. Trabalhos de Pesquisa																									
3.1. Sondagem																									
3.2. Trincheiras																									
3.3. Poços																									
3.4. Galerias																									
4. Relatório Final de Pesquisa																									

Fonte: elaborado pelo autor.

Já a previsão orçamentária deverá conter dados de gastos realizados na infraestrutura (como almoarifado, instalações sanitárias, refeitório etc.), serviços topográficos, como levantamento planialtimétrico, a quantidade de metros perfurados pela sondagem e o valor de cada furo e também o valor final cobrado para elaboração do Relatório Final de Pesquisa. É importante lembrar que no quadro orçamentário deve aparecer o total gasto com análise química e física das amostras coletadas em campo na área de interesse. Essas amostras devem ser analisadas e os resultados dessas análises precisam compor o Relatório Final de Pesquisa, através de um documento de comprovação dos laboratórios que as realizaram.

A amostragem é um trabalho indispensável em qualquer método de pesquisa, pois é dela que podemos realizar a coleta das amostras em locais predefinidos para a obtenção de uma representação fiel de toda a área a ser pesquisada, determinando as principais características relacionadas à substância de interesse. Logo, após a

coleta das amostras, estas serão enviadas para o laboratório, onde serão preparadas para a realização de testes físicos e químicos. Os resultados dos testes, como dito, devem fazer parte do Relatório Final de Pesquisa, que será protocolado no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) no final das atividades da pesquisa.

Quadro 2.3 | Exemplo de quadro orçamentário do Plano de Pesquisa

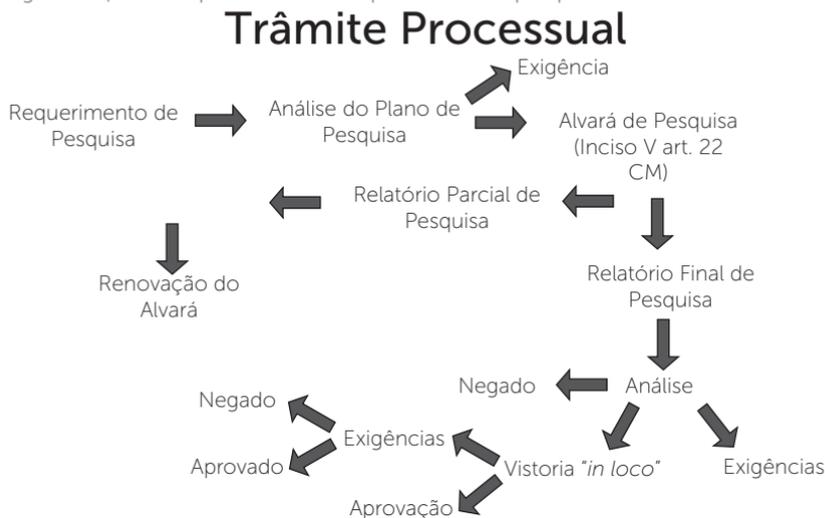
QUADRO ORÇAMENTÁRIO - PLANO DE PESQUISA				
Atividade	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor Total
1. Infraestrutura				
1.1. Almoxarifado	Unid.	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
1.2. Instalações sanitárias	Unid.	2	\$ 5.000,00	\$ 10.000,00
2. Serviços topográficos				
2.1. Levantamento planialtimétrico	m <sup>2</sup>	10.000	\$ 5,00	\$ 50.000,00
2.2. Locação de furos de sondagem	Unid.	20	\$ 250,00	\$ 5.000,00
2.3. Locação de trincheiras	Unid.	20	\$ 150,00	\$ 3.000,00
3. Trabalhos de pesquisa				
3.1. Sondagem	m	300	\$ 350,00	\$ 105.000,00
3.2. Trincheiras	m	200	\$ 100,00	\$ 20.000,00
3.3. Poços	m	50	\$ 70,00	\$ 3.500,00
3.4. Galerias	m	80	\$ 150,00	\$ 12.000,00
4. Relatório Final de Pesquisa	Unid.	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
<b>Total</b>				<b>\$ 233.500,00</b>
Obs.: dados fictícios para servir como exemplo, pois valores orçamentários reais variam muito conforme a localização dos trabalhos de pesquisa e a substância de interesse.				

Fonte: elaborado pelo autor.

Os trabalhos propostos de pesquisa (que serão inseridos no Plano de Pesquisa) deverão estar listados com detalhes e completos para que o DNPM, ao analisá-los, não tenha dificuldade para entender a proposta sugerida pelo técnico. Um exemplo de detalhamento do método é descrever qual a malha de sondagem do plano, com croquis, definição do tamanho da malha, profundidade média dos furos e uma estimativa do número de furos.

Em qualquer trabalho de pesquisa mineral, é preciso estudar com muito detalhe os dados geológicos do depósito a fim de definir quais são os melhores métodos de pesquisa a serem utilizados para aquele depósito. O método precisa ser escolhido de acordo com as características físicas do depósito a ser avaliado para uma possível extração mineral. Nessa escolha, deve-se considerar as seguintes características: forma e tamanho do depósito, posição, profundidade aproximada e inclinação das camadas.

Figura 2.1 | Trâmite processual do requerimento de pesquisa



Fonte: DNPM ([s.d.], [s.p.]).

O conhecimento prévio das dimensões do depósito, não somente em relação ao seu volume, teor e massa mineralizada, mas também sob os aspectos que estão em evidência na superfície, indicará qual o método de pesquisa a ser utilizado, o que auxiliará o profissional a escolher quantas seções geológicas serão necessárias, qual a distância entre cada uma delas e como deverão ser executados os trabalhos de pesquisa. Quais são os métodos de pesquisa mineral? Podemos listá-los: sondagem a trado, rotativa, percussiva e rotopercussiva, sonda banka, trincheira e galerias.

Com relação ao método de pesquisa de **sondagem**, podemos dizer que é um método que tem como objetivo investigar o subsolo em profundidade, através dos testemunhos de sondagem, em que os outros métodos não são capazes de chegar. Podemos classificar os trabalhos de sondagem em sondagem a trado, sonda banka, sondagem rotativa, sondagem percussiva e sondagem rotopercussiva. Essas sondagens são bem semelhantes e possuem características muito próximas.

As **sondagens a trado** podem ser classificadas em sondagens a trado manuais e sondagens a trado mecânicas, e são muito utilizadas em depósitos minerais que não possuem grandes profundidades, por terem capacidade limitada de potência para realizar o furo, e em depósitos que não possuem dureza da rocha muito elevada, devido

à sua limitação de corte. É considerado um tipo de sondagem relativamente simples, que atinge profundidades relativamente rasas, utilizado para coletar amostras em rochas com baixa dureza e, devido a isso, possui baixo custo operacional. Esse baixo custo permite que seja utilizado em vários trabalhos de pesquisa, quando for possível perfurar a rocha com esse equipamento.

Pereira (2003, p. 244), definiu sondagem a trado da seguinte forma:

As sondagens a trado, manuais ou mecânicas (trado motorizado), são utilizadas para a recuperação de materiais terrosos do tipo solos residuais e coluviais em investigações rasas. O trado é um equipamento simples e rústico e pode ser encontrado no mercado em diversos modelos (e. g. helicoidal, em concha etc.) e várias opções de diâmetros (de 2", 4" etc.). A profundidade máxima atingida em uma perfuração manual encontra-se na ordem de 10 metros. Os trados motorizados podem chegar, com facilidade, a profundidades de até 15 metros.

Já as **sondagens rotativas, percussivas e rotopercussivas** trabalham de forma diferente, mas têm objetivos semelhantes nos trabalhos de pesquisa. Todas conseguem atingir uma profundidade maior do que a sondagem a trado e são mecânicas, ou seja, trabalham a partir de um equipamento com motor para realizar o funcionamento dos equipamentos que compõem a sondagem. Esses métodos são muito utilizados em solo duro e compacto, tendo como principais vantagens a rapidez para realização dos trabalhos e a versatilidade de acordo com a superfície que necessita ser trabalhada. Em contrapartida, a principal desvantagem é o alto custo, pois se trata de um equipamento mecânico que trabalha a partir de um motor a combustão e com um quadro operacional de trabalhadores. As sondagens percussivas geralmente possuem um custo mais baixo em relação às sondagens rotativas e rotopercussivas, pois não conseguem atingir grandes profundidades e não exigem equipamentos tão sofisticados como as sondagens rotopercussivas, que possuem uma coroa na extremidade da haste, com materiais diamantados, que conseguem perfurar rochas com alta dureza, como um granito ou itabirito duro, e grandes profundidades (200, 300 metros de profundidade), comuns em depósitos de ouro, zinco, cobre e minério de ferro.

Vale ressaltar que o custo de qualquer sondagem está totalmente relacionado à dureza da rocha que será perfurada, pois o desgaste das peças é muito maior em rochas mais duras. Portanto, percebem-se grandes variações no custo, em função da dificuldade de penetração e do desgaste das peças em contato direto com a rocha na perfuração.



### Pesquise mais

Para entender o funcionamento da sondagem rotativa, você pode pesquisar mais em:

HUMBERTOKW. Sondagem rotativa. **TesteSolo Engenharia**. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1s5O7qYQoc>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

Temos também a sonda banka, que é um tipo de sondagem pouco utilizada nos dias atuais e possui características bem específicas para depósitos aluvionares. Sobre esse método de pesquisa, Pereira (2003, p. 252) afirma que para realizá-lo:



**Perfura-se com trado o terreno que recobre o depósito até se atingir o seu topo. Feito isso, reveste-se o furo. O primeiro tubo a ser introduzido, denominado de revestimento mestre, tem na sua parte inferior uma sapata cortante. Deve-se cuidar para que esse revestimento seja colocado na vertical, e para tal utiliza-se um fio de prumo. Após a introdução de todo o revestimento (até atingir o topo do depósito), conecta-se a ele o encaixe da plataforma, peça esta onde deverá ser montada a plataforma de sondagem.**

A sonda banka não é um tipo de sondagem de fácil operação, pois exige muita prática operacional e profissionais com força física. Quanto aos terrenos onde serão realizados os trabalhos, eles são constituídos por material muito compacto, o avanço é limitado e o esforço dos operadores será muito maior. Pelo fato de ser um método de pesquisa com baixa produtividade, tendo grande dependência da força manual e que não utiliza força mecânica, é um método considerado de baixo custo de operação e manutenção. É um dos métodos de pesquisa mais rudimentares existentes, sendo

pouco utilizado atualmente. Seu baixo custo de operação se dá pela simplicidade dos equipamentos utilizados, com baixa tecnologia e fácil manuseio.

Como método para a pesquisa mineral, temos também as trincheiras, que são cortes realizados na superfície do terreno, onde as amostras são expostas e recolhidas pela equipe de amostragem. A atividade é realizada com o auxílio de uma retroescavadeira, que realiza cortes transversais à direção principal da camada e com profundidade média de 1,5 metro e 1 metro de largura. Normalmente, a trincheira é um método utilizado em grandes projetos minerais, sendo de fácil aplicação e custo menor quando comparado aos outros métodos de pesquisa, apesar de exigir um considerável investimento inicial na aquisição da retroescavadeira. A agilidade desse método de pesquisa se deve à sua facilidade de execução, pois ele requer apenas uma marcação topográfica e o uso da retroescavadeira, mas tem como desvantagem conseguir revelar apenas os materiais que estão na superfície.

Por fim, as **galerias de pesquisa** são aberturas horizontais, com pequena seção, para a entrada de profissionais que realizarão o estudo do depósito em questão. Já foram muito utilizadas no passado, quando não existiam métodos atuais, como as sondagens que conseguem alcançar grandes profundidades. As galerias possuem baixa produtividade, pois são escavadas manualmente (com equipamentos manuais) e, por conta disso, possuem baixo custo operacional, é um método pouco utilizado atualmente e muito utilizado no passado. Possui um alto risco de acidentes e é utilizado em rochas de dureza média a alta, pois a sustentação das galerias é realizada pela própria rocha que é escavada, geralmente, com a utilização de explosivos ou através de trabalhos manuais, com picaretas.



### Exemplificando

Uma empresa de mineração de ouro que extrai esta substância de um depósito muito profundo, verticalizado e com baixa potência, muito provavelmente, utilizará os seguintes métodos de pesquisa: sondagem rotoperfussiva (em situações de grande profundidade) ou galeria (em alguns pontos pelos quais seja possível acessar o corpo mineralizado através dessas aberturas).

No caso do uso da sondagem rotopercussiva, o engenheiro de minas terá que estimar como será realizada esta pesquisa, ou seja, quantos furos serão realizados e quantos metros de profundidade terá cada um. Em contrapartida, se for utilizado o método de galeria, será necessário dizer as dimensões da seção da galeria e estimar a distância total a ser escavada para realizar a inspeção da rocha. É interessante destacar que esses serão valores estimados, utilizados para simular uma situação real, levando em consideração a profundidade do depósito.

Já uma empresa mineradora que extrai calcário pode utilizar métodos mais superficiais devido às características do depósito. Nesse caso, seria possível perceber a presença de trincheiras e sondagens rotativas.



### Assimile

Os métodos que podem ser usados em uma pesquisa mineral são: sondagem a trado, rotativa, percussiva e rotopercussiva, sonda banka, trincheira e galerias. O conhecimento prévio das dimensões do depósito, não somente em relação ao seu volume, teor e massa mineralizada, mas também sob os aspectos que estão em evidência na superfície, indicará qual o método de pesquisa a ser utilizado, o que auxiliará o profissional a escolher quantas seções geológicas serão necessárias, qual a distância entre cada uma delas e como deverão ser executados os trabalhos de pesquisa. Cada um desses métodos tem determinados custos relacionados a eles, que variam pela tecnologia que utilizam, pela profundidade do depósito e pela dureza da rocha.



### Refleta

Caro aluno, se uma empresa utilizar algum método de pesquisa que não é adequado para aquele tipo de solo pesquisado, em que tipo de prejuízo ela pode incorrer? Reflita sobre o assunto!

## Sem medo de errar

Conseguiu entender os conceitos apresentados nesta seção sobre métodos de pesquisa mineral de acordo com as características geológicas das substâncias? Esperamos que sim, pois eles ajudarão a resolver a situação enfrentada pela BZ Gold.

Você trabalha como engenheiro de minas na BZ Gold e, como a empresa não conta com nenhum funcionário especialista na elaboração de um Plano de Pesquisa, você ficou responsável por essa tarefa, devendo protocolá-lo no DNPM. A empresa quer se tornar a maior produtora mundial de ouro e estuda ampliar sua produção no Norte do Pará. Para iniciar o Plano de Pesquisa, um de seus superiores pede que você, inicialmente, estruture dentro desse plano a maneira como será realizada a pesquisa geológica do ouro, descrevendo os métodos que serão utilizados. Você, por experiência acumulada trabalhando no ramo há diversos anos, sabe que os depósitos minerais que contêm a substância ouro, possuem, geralmente, grandes profundidades e corpos verticalizados. Dentre os diversos métodos para a pesquisa mineral, qual é o mais adequado para a BZ Gold, de acordo com as características do depósito mineral? Por qual motivo os outros métodos não são adequados, nessa situação, para a BZ Gold?

Os depósitos minerais que contêm a substância ouro, por possuírem, geralmente, grandes profundidades e corpos verticalizados, utilizarão o método de pesquisa sondagem rotopercussiva e galerias. O engenheiro de minas terá que estimar como será realizada esta pesquisa, ou seja, quantos furos serão realizados e quantos metros de profundidade terá cada um. Com relação às galerias de pesquisa, será necessário relatar as dimensões da seção da galeria e estimar a distância total a ser escavada para realizar a inspeção da rocha (esses valores serão números estimados que serão utilizados em uma simulação de uma situação real, levando em consideração a profundidade do depósito).

Como a BZ Gold realiza pesquisa em depósitos de ouro que são, geralmente, bem profundos, verticalizados e que exigem métodos de pesquisa com muita capacidade de perfuração, grande profundidade e produtividade, com rocha dura e compacta (características típicas dos depósitos de ouro no Brasil), métodos de pesquisa superficiais, como as trincheiras e as sondagens a trado, não conseguem atingir regiões profundas no subsolo, o que faz com que esses métodos não sejam adequados para esse trabalho da BZ Gold.

## Avançando na prática

### Método utilizado na pesquisa geológica

#### Descrição da situação-problema

Caro aluno, você coordenará os trabalhos de pesquisa da GB Cement e deverá estudar como será realizada a investigação do subsolo através dos métodos existentes para a substância calcário. O engenheiro terá que definir os métodos de pesquisa que serão utilizados para programar os trabalhos de pesquisa em depósitos superficiais e horizontalizados, como os depósitos de calcário. Se você fosse o engenheiro de minas da GB Cement, qual método de pesquisa escolheria?

#### Resolução da situação-problema

Para a substância calcário, é possível considerar que os depósitos tenham profundidade baixa e sejam horizontalizados. Dessa forma, como são depósitos superficiais, você, como engenheiro de minas da GB Cement, diria que eles podem ser pesquisados através da sondagem percussiva e das trincheiras, inserindo essa informação no Plano de Pesquisa desse trabalho.

## Faça valer a pena

**1.** Em um Plano de Pesquisa geológica, é importante levar em consideração as características do corpo geológico para a escolha do melhor método de pesquisa. De acordo com a escolha, o profissional, responsável técnico, precisa definir como serão realizados estes trabalhos.

Qual método de pesquisa pode ser realizado na superfície e possui um baixo custo (quando comparado aos outros)?

- a) Sondagem rotativa.
- b) Trincheira.
- c) Galeria.
- d) Poço de pesquisa.
- e) Sondagem a trado.

**2.** A introdução do Plano de Pesquisa é realizada de maneira simples, sendo que alguns itens são fundamentais para que ele seja aprovado pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). Certos itens são fundamentais para descrever algumas características básicas do município onde será realizada a pesquisa e precisam ser inseridos no item “Introdução” desse plano.

Qual é o indicador que deve ser adicionado na introdução do Plano de Pesquisa e que demonstra o poder econômico e de desenvolvimento da região?

- a) IDH.
- b) PIB.
- c) FIP.
- d) GPI.
- e) IGH.

**3.** Em um Plano de Pesquisa, é necessário que o responsável técnico levante os vértices da poligonal da área que se pretende requerer. Esses vértices precisam estar em um sistema de coordenadas que o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) aceite.

Considerando o sistema aceito no DNPM para os Planos de Pesquisa, qual referencial geodésico poderá ser utilizado pelo responsável técnico para desenhar a poligonal através dos vértices?

- a) SAD 69.
- b) Universal Transversa de Mercator.
- c) SIRGAS 2000.
- d) UTM.
- e) Datum.

# Referências

BORBELY, A. **Desenvolvimento ou crescimento econômico?** 2016. Disponível em: <<http://www.dgabc.com.br/Noticia/1976432/desenvolvimento-ou-crescimento-economico>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1988/constituicao-1988-5-outubro-1988-322142-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

BRASIL. **Sobre arrecadação**. 2015. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/perguntas-frequentes/sobre-arrecadacao>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei nº 1.985, de 29 de janeiro de 1940. (Código de Minas). **Diário Oficial [da União]**, Poder Executivo, 28 fev. 1967, p. 2417. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227.htm)>. Acesso em: 7 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **DNPM: anuário mineral do Pará**. 2017. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **SGM – Geologia, Mineração e Transformação Mineral**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/entidades-vinculadas/dnpm>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

DNPM. **Informe mineral de janeiro**. 2017. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais/informe\\_mineral\\_1\\_2017](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/informe-mineral/publicacoes-nacionais/informe_mineral_1_2017)>. Acesso em: 15 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **Anuário mineral brasileiro: principais substâncias metálicas**. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/anuario-mineral-brasileiro-2016-metalicos>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **Compensação financeira pela exploração de recursos minerais**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Cfem.php>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **Guia do minerador**. [s.d.].b. Disponível em: <<http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/indice.php>>. Acesso em: 7 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **Trâmite processual**. [s.d.].c. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/285367/1/images/10/Tramite+Processual+Exig%C3%Aancia+Requerimento+de+Pesquisa.jpg>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

CALDEIRA, J. **Estudo de impactos ambientais - EIA: uma importante ferramenta para controle preventivo de danos ambientais**. [s.d.]. Disponível em: <<https://iusnatura.com.br/estudo-de-impactos-ambientais-eia/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

HUMBERTOKW. **Sondagem rotativa – Teste Solo Engenharia**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1ls5O7qYQoc>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

MESQUITA, P. P. D. et al. **Desenvolvimento e inovação em minerais e metais**. [s.d.]. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9577/1/BS%2043%20Desenvolvimento%20e%20inova%C3%A7%C3%A3o%20em%20minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20metais.%20\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9577/1/BS%2043%20Desenvolvimento%20e%20inova%C3%A7%C3%A3o%20em%20minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20metais.%20_P_BD.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2017.

PEREIRA, R. M. **Fundamentos de prospecção mineral**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

PORTAL DA OUTORGA. **Permissão de lavra garimpeira**. [s.d.].a. Disponível em: <[http://outorga.dnpm.gov.br/\\_layouts/mobile/mblwiki.aspx?Url=%2FSitePages%2FRegimes%20PLG%2Easpx](http://outorga.dnpm.gov.br/_layouts/mobile/mblwiki.aspx?Url=%2FSitePages%2FRegimes%20PLG%2Easpx)>. Acesso em: 22 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. **Registro de extração**. [s.d.].b. Disponível em: <[http://outorga.dnpm.gov.br/\\_layouts/mobile/mblwiki.aspx?Url=%2FSitePages%2FRegimes%20Registro%20Extracao%2Easpx](http://outorga.dnpm.gov.br/_layouts/mobile/mblwiki.aspx?Url=%2FSitePages%2FRegimes%20Registro%20Extracao%2Easpx)>. Acesso em: 22 nov. 2017.

SABIÁ, J. **Municípios com mineração têm melhor desenvolvimento humano**. 2014. Disponível em: <<http://www.revistaecologico.com.br/materia.php?id=83&secao=1382&mat=1539>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

VALE. **S11D**. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LRIwTSbePRg>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

VICENTE, R. H. F.; LOPES, P. de L. **A importância de investimentos em inovação tecnológica como fator chave para o desenvolvimento econômico**. XII SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, outubro de 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/28822366.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2017.



# Levantamento e estimativa de custos dos projetos no setor mineral

## Convite ao estudo

Caro aluno, tudo bem? O aumento do volume de produção tornou-se uma das principais prioridades da indústria de mineração; portanto, gerenciar os custos do projeto é fundamental para o sucesso das empresas desse setor. Sobre esse assunto, na Seção 3.1, aprenderemos sobre os custos gerais nas fases de pesquisa mineral, licenciamento, operação de mina e beneficiamento mineral. Na Seção 3.2, serão abordados os principais custos relacionados com as operações de lavra, tais como: na perfuração e desmonte, nas alocações de equipamentos, no carregamento e no transporte do minério até o cliente. Por fim, na Seção 3.3, veremos os custos operacionais desde o início da lavra até a logística, envolvendo o carregamento e o transporte dos produtos. Para nos auxiliar na absorção desse conteúdo, vamos conhecer a empresa AC Mineral, que é uma mineradora brasileira de pequeno porte que iniciará um novo projeto na cidade de Paracatu, em Minas Gerais, para extração de minério de ferro de baixo teor para um cliente do sul do país, onde você é o engenheiro pesquisador responsável por liderar as atividades da equipe. Porém, o local das atividades está situado em uma região remota, com imensas áreas de vegetação, o que dificulta a entrada da equipe técnica e dos equipamentos, ampliando os custos da operação, em um momento em que a AC Mineral conta com um baixo orçamento. Como engenheiro de minas da AC Mineral, você terá a função de liderar esse projeto e deverá solucionar algumas situações que acontecerão nessa organização. Dessa forma, você estará caminhando cada vez mais na direção de conhecer os princípios econômicos e suas aplicações aos problemas relacionados à atividade mineral e entender as principais características de uma

avaliação econômico-financeira e ambiental de projetos de mineração e sua aplicação na indústria mineral e no mercado para bens minerais.

Bons estudos!

## Seção 3.1

### Aspectos gerais de um empreendimento de mineração e etapas da atividade minerária relevantes na avaliação do empreendimento

#### Diálogo aberto

Olá, aluno. Tudo bem? Você já sabe quais são os passos básicos da prospecção mineral, não é mesmo? Nessa seção, veremos a análise geral sobre esse assunto, de forma bem detalhada, onde um conjunto de engenheiros, geólogos, pesquisadores e técnicos precisam identificar os principais custos envolvidos em toda a atividade mineral. No início de 2017, o presidente Michel Temer havia liberado um decreto permitindo operações de mineração sob uma imensa área de reserva da Amazônia, chamada Renca (Reserva Nacional do Cobre e Associados), com mais de 47.000 quilômetros quadrados. No entanto, houve uma grande mobilização nas redes sociais, da qual participaram ambientalistas, celebridades e opositores políticos contra esse decreto, com os argumentos de que essa decisão do governo poderia causar o aumento do desmatamento na região ou mesmo afetar as comunidades indígenas próximas. Isso nos remete à importância do licenciamento ambiental (um dos assuntos dessa Seção 3.1 é exatamente os custos desse licenciamento), que é um instrumento utilizado pelo governo brasileiro para o controle das questões ambientais. Ou seja, além de se preocupar em reduzir os custos das etapas da atividade mineral, as empresas mineradoras também precisam se preocupar com a preservação ambiental e os custos relativos a isso.

Para nos ajudar a entender alguns desses assuntos, que tal voltarmos para a empresa AC Mineral? Aliás, você se lembra dela? A mineradora brasileira AC Mineral começou um novo projeto para a extração de minério de ferro de baixo teor e você foi designado a liderar esse projeto como engenheiro pesquisador. O local das atividades está situado em uma zona remota, com imensas áreas de vegetação, o que atrapalha a entrada da equipe técnica e dos equipamentos, ampliando os custos dessa atividade, em um

momento em que a direção da AC Mineral quer cortar o máximo de custos possíveis. Devido a essa preocupação com os custos da atividade minerária da AC Mineral, um dos donos da empresa lhe faz os seguintes questionamentos: quais serão os principais custos na etapa de operação da mina da AC Mineral?; e, para diminuir custos, a AC Mineral poderia deixar de fazer investimentos na pesquisa mineral? Ao longo dessa seção encontraremos as respostas para essas questões.

Bons estudos e mãos à obra.

## Não pode faltar

Olá, aluno. Tudo Bem? Como já vimos na Seção 1.1, a atividade minerária pode ser dividida em algumas fases: pesquisa mineral; planejamento das operações; operação de mina (fase de lavra); beneficiamento do mineral; e fechamento de mina e recuperação mineral. Lembra-se disso? Pois bem, nessa aula vamos ver com mais detalhes alguns aspectos relacionados aos custos das fases de pesquisa mineral, operação de mina e beneficiamento mineral. Portanto, pegue mais fôlego e vamos em frente!

Como toda empresa, a empresa mineradora é um empreendimento humano cuja principal finalidade é a busca de lucratividade, através da produção e comercialização de bens, que nesse caso, é o minério ou alguma substância com valor econômico agregado (DYALUAR, s.d.). Dessa forma, para que a empresa consiga maximizar o seu lucro, ela precisará gerir muito bem os seus custos, certo? Assim, antes de qualquer coisa, cabem as conceituações do que são custos e o que é gestão de custos. Vamos a elas? A definição de custos é muito ampla e recebe diversas abordagens diferentes. Na nossa aula, vamos utilizar uma definição de custo muito próxima àquela utilizada em sentido contábil, que diz que “custo é a expressão monetária do consumo, da utilização ou da transformação de bens ou serviços no processo de produção de outros bens ou serviços” (MARTINS; ROCHA, 2010, p. 9 apud SLAVOV, 2013, p. 126), ou seja, custo é o desembolso financeiro que uma empresa tem para atingir determinado objetivo (por exemplo, a venda de determinado minério, no caso de uma empresa do setor mineral). Já a gestão de custos é o processo de tomada de decisão que envolve esses desembolsos financeiros (custos) da empresa.

O projeto de abertura e desenvolvimento de uma mina envolve

muitas decisões complicadas relacionadas aos custos, que determinarão o sucesso ou o fracasso da atividade mineral, em termos financeiros. Pelo porte que podem alcançar, as empresas mineradoras precisam de um perfil organizacional muito bem estruturado para que todos os custos sejam geridos com eficiência e, para isso, a definição hierárquica dos cargos da empresa e a delimitação clara da responsabilidade que cabe a cada profissional são fundamentais para que os custos (e todo o projeto) sejam geridos com eficiência (DYALUAR, [s.d.]). Dessa forma, perguntas como: o que está sendo gasto?; onde o dinheiro está sendo gasto?; e quem é o responsável por dimensionar e realizar esse gasto? devem ter uma clara (e justificável) resposta para o bom andamento financeiro do projeto minerário. (DYALUAR, [s.d.]).

A primeira fase da atividade mineral é a pesquisa mineral. Nessa etapa, os gestores devem gastar o mínimo possível, porque ainda não sabem se o empreendimento será viável economicamente. No entanto, a pesquisa mineral requer que sejam feitos investimentos (em um momento em que o projeto mineral ainda está longe de trazer lucros para a empresa) para os quais, muitas vezes, o minerador não tem recursos financeiros suficientes, levando-o a negligenciar essa etapa, o que leva a pesquisa mineral a apresentar resultados deficientes para a tomada de decisão dos gestores do projeto (SOUZA, 2017), comprometendo a sequência dos trabalhos, já que a empresa deixará de ter informações suficientes/precisas de onde o minério está e se suas qualidade e quantidade são suficientes para a continuidade das etapas da atividade minerária.

Durante a pesquisa mineral, diversas análises técnicas, econômicas e ambientais são realizadas com a ajuda de profissionais das mais distintas áreas, e uma das ações importantes será a avaliação de custos com sondagem, análise de solo, análise de rocha, amostragem de canais, acessos, topografia, mão de obra, etc. No entanto, no decorrer da pesquisa mineral podem surgir erros de gestão que trarão elevados custos, tais como (SOUZA, 2017):

- Falta de priorização de áreas de prospecção, o que faz a empresa mineradora ter que pagar a Taxa Anual por Hectare (TAH) em áreas que não apresentam o potencial esperado;
- Falta de preparo para minimizar situações inesperadas, que acontecem quando os gestores se deparam com surpresas desagradáveis durante a execução das operações, devido à falta de um bom planejamento de riscos com a função de minimizar

incertezas inerentes ao projeto, por exemplo: quando os superficiários não viabilizam acesso a determinados locais; quando existe excesso de vegetação que exigiria um esforço financeiro extra na limpeza de amplas áreas verdes para permitir a entrada de veículos pesados montados com plataformas de perfuração; ou quando a área faz parte de uma região de proteção ambiental ao ponto de inviabilizar os trabalhos em campo; e

- Iniciar os trabalhos pela sondagem: esse procedimento geralmente é utilizado com o objetivo de reduzir custos, mas acaba gerando o oposto devido ao vício de execução de trabalho.



### Assimile

A pesquisa mineral envolve atividades técnicas inerentes para o desenvolvimento de produção da mina. Apesar de ser uma fase que ainda não gera lucros para o minerador, ela requer investimentos importantes que não podem ser negligenciados pelo interessado na área.

Após a pesquisa mineral apontar a viabilidade de extração de uma jazida, é feito o planejamento dos trabalhos para que se chegue à fase da operação da mina (lavra). Ao longo do planejamento se dá a preparação da jazida para a lavra e é onde são construídas as instalações administrativas, de beneficiamento, bem como é formada a equipe (instaladores de tubos, operadores de equipamento pesado, técnicos de armazém, técnicos ambientais, gerentes, engenheiros, geólogos, etc.) que vai compor o projeto minerário (DYALUAR, s.d.). Já as operações da mina representam o período durante o qual uma mina produz e processa minério para o mercado, sendo que, em alguns locais, essas etapas podem durar vários anos (até décadas), enquanto em outros locais podem se resumir a períodos curtos devido às mudanças nas condições de mercado.

Na fase de operação de mina, os custos de mineração subterrânea e a céu aberto variam, dependendo de fatores como a posição geológica dos depósitos, a tecnologia utilizada, o tipo de minério, entre outros, porém, em ambas as situações ocorrerão gastos com perfurações, desmonte, carregamento e transporte.



## Exemplificando

De acordo com Lopes (2010, apud BERNARDI, 2015, p. 40),

a composição de custo das atividades unitárias de minas que operam pelo método convencional, que é a utilização de caminhões na lavra, divide seu custo da seguinte forma: 32% perfuração e desmonte, 16% carregamento e 52% com o transporte com caminhões. O alto custo de transporte está relacionado ao consumo de combustíveis, geralmente de origem fóssil. Em média, um caminhão gasta 50% de energia só para mover seu próprio peso, os outros 50% são para a carga que está sendo transportada.



## Refleta

Se boa parte dos custos da atividade mineral está relacionada com o transporte via caminhão, de que forma investimentos governamentais em transporte rodoviário (estradas, por exemplo) podem colaborar com a redução desses custos? Reflita sobre o assunto!

Além da aquisição de todos os equipamentos que serão usados para a exploração mineral, na etapa de lavra, o minerador incorrerá nos seguintes custos: seguros, gastos com escritório, mão de obra (administrativa, almoxarifado, vigilância, operação, manutenção, etc.), água, lubrificante, energia, explosivo, corpos moedores, reagentes químicos para tratamentos, manutenção (peças de reposição, pneus, etc.), combustível (gasolina/diesel), gás natural, entre outros.

Uma vez que o minério é extraído da jazida, ele passa pelo estágio do beneficiamento, onde se pretende estudar as características mineralógicas, químicas e físicas do mesmo, visando o seu aproveitamento, bem como remover minérios constituintes não desejáveis para recuperar os minerais valiosos, através das etapas de preparação, classificação e concentração. Durante o beneficiamento, leva-se em consideração custos relacionados com: matéria-prima, insumos, estocagem de produtos, energia elétrica, administração, salários e encargos.

O futuro prepara novos desafios e inovações quanto ao desenvolvimento de processos de beneficiamento, e especialistas preveem a utilização de modernos recursos tecnológicos nessa etapa, devido ao fato dos minérios estarem cada vez mais pobres e finos, exigindo, assim, maior esforço para permitir sua exploração econômica. Dessa forma, o reaproveitamento da água, o uso de equipamentos energeticamente mais eficientes e a deposição de rejeitos serão as novas estratégias que estão por vir, que, além de trazerem diminuição nos custos, reduzirão o impacto ambiental na mineração, para atender a uma legislação ambiental cada dia mais restritiva.



### Pesquise mais

Para informações extras sobre custos na atividade mineral, pesquise mais em:

BERNARDI, Héctor Adalberto. **Dimensionamento de equipamentos para as operações unitárias de lavra de mina a céu aberto**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas/TO, 2015. Disponível em <[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:F3iNc\\_p713wJ:https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/uploads/document56e73a213f1a0.pdf&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:F3iNc_p713wJ:https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/uploads/document56e73a213f1a0.pdf&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b)>. Acesso em: 17 dez. 2017.

Já que falamos sobre legislação, que tal finalizar nossa aula aprendendo mais sobre as principais licenças ambientais e os seus custos? O licenciamento ambiental é uma ferramenta cuja função é a de garantir o equilíbrio do desenvolvimento sustentável, sendo uma exigência obrigatória em todo o território nacional, desde o ano de 1981 pela Lei Federal 6.938/81 (BRASIL, 1981). O IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) é o responsável pelo licenciamento de atividades desenvolvidas em mais de um estado e daqueles cujos impactos ambientais ultrapassem os limites territoriais. As licenças ambientais são concedidas para permitir a instalação e a operação de empreendimentos que utilizam recursos naturais e que são potencialmente poluidores ou que possam causar danos à natureza (como as empresas mineradoras). As empresas que atuam sem seguir as regras de licenciamento ambiental podem sofrer sanções tais como: embargos, paralisação temporária/definitiva das atividades, advertências ou multas previstas em lei.

Existem três tipos básicos de Licenças, sendo que cada um determina uma etapa específica do licenciamento. Vamos a eles?

- Licença prévia (LP): nessa etapa, o órgão licenciador concede ao empreendimento a viabilidade, ou seja, a aprovação da localização, visto que o mesmo atende aos requisitos básicos para as próximas fases de implementação da legislação ambiental.
- Licença de instalação (LI): permite que o empreendimento inicie suas atividades de planejamento definidas anteriormente na fase de Licença prévia, tais como instalação dos equipamentos e execução do projeto.
- Licença de operação (LO): autoriza o funcionamento do empreendimento, se o estabelecimento atende aos requisitos exigidos nas licenças anteriores (LP e LI), e se equipamentos de controle de poluição e as medidas de controle ambiental estão efetivados.

Figura 3.1 | Tabela de valores para serviços de licenciamento ambiental, em dezembro de 2017

Porte	Potencial Poluidor	LP (Licença Prévia)	LI (Licença de Instalação)	LO (Licença de Operação)
Mínimo	Baixo	R\$ 361,21	R\$ 361,20	R\$ 361,21
	Médio	R\$ 361,21	R\$ 361,20	R\$ 361,21
	Alto	R\$ 361,21	R\$ 361,20	R\$ 361,21
Pequeno	Baixo	R\$ 585,57	R\$ 1.650,02	R\$ 833,22
	Médio	R\$ 1.171,15	R\$ 1.996,86	R\$ 1.405,80
	Alto	R\$ 1.695,17	R\$ 4.625,81	R\$ 3.975,24
Médio	Baixo	R\$ 3.903,82	R\$ 5.949,52	R\$ 2.979,89
	Médio	R\$ 7.807,64	R\$ 8.494,32	R\$ 6.246,11
	Alto	R\$ 11.711,46	R\$ 11.593,25	R\$ 15.139,52
Grande	Baixo	R\$ 21.080,62	R\$ 11.307,98	R\$ 9.369,17
	Médio	R\$ 28.107,50	R\$ 18.738,33	R\$ 18.738,33
	Alto	R\$ 42.161,24	R\$ 32.792,08	R\$ 32.792,08
Excepcional	Baixo	R\$ 58.557,28	R\$ 23.422,91	R\$ 23.422,91
	Médio	R\$ 78.076,38	R\$ 31.230,55	R\$ 31.230,55
	Alto	R\$ 136.633,66	R\$ 124.922,20	R\$ 124.922,20

Fonte: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/14.asp>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

De acordo com o artigo 13, da Resolução CONAMA nº 237/1997, os custos referentes à análise do processo de licenciamento ambiental devem ser compensados pelo dono do empreendimento aos órgãos ambientais competentes:



**Art. 13** O custo de análise para a obtenção da licença ambiental deverá ser estabelecido por dispositivo legal, visando o ressarcimento, pelo empreendedor, das despesas realizadas pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 1997).

Foi estabelecida a Lei Complementar nº 140, no ano de 2011, que diz que:



**Art. 13, § 3º** Os valores alusivos às taxas de licenciamento ambiental e outros serviços afins devem guardar relação de proporcionalidade com o custo e a complexidade do serviço prestado pelo ente federativo (BRASIL, 2011).

## Sem medo de errar

Olá, aluno. Tudo bem? Conseguiu enxergar os custos como uma área fundamental para o bom andamento de uma atividade mineral? Espero que sim, pois isso fará parte do seu dia a dia profissional, assim como o caso que aconteceu na empresa AC Mineral. Lembra dele?

A mineradora AC Mineral começou um novo projeto na cidade de Paracatu, em Minas Gerais, para a extração de minério de ferro para um cliente do sul do país, e você é o engenheiro pesquisador responsável por liderar esse trabalho. A empresa está com um orçamento bastante enxuto e, por isso, um dos donos da empresa lhe faz os seguintes questionamentos: os principais custos na etapa de operação da mina da AC Mineral?; e, para diminuir custos, a AC Mineral poderia deixar de fazer investimentos na pesquisa mineral?

Para responder a essas perguntas, você precisa entender que, apesar da AC Mineral estar com baixo orçamento, ela deve realizar a pesquisa mineral optando por gastar o mínimo possível, pois através dessa etapa será possível verificar se a jazida explorada é economicamente viável. Esse investimento não deve ser negligenciado pela empresa (isso é um erro muito comum em algumas mineradoras), pois pode comprometer a sequência dos trabalhos, já que a empresa não tem informações suficientes/precisas de onde o minério está e se suas qualidades e quantidades são suficientes para a continuidade das etapas da atividade minerária.

Já na fase de operação de mina, os principais custos estão relacionados com perfurações, desmonte, carregamento e transporte, sendo que, de acordo com Lopes (2015), se a mineradora utilizar o método tradicional, os custos dessa etapa da atividade mineral se dividirão da seguinte forma: 32% perfuração e desmonte, 16% carregamento e 52% com o transporte com caminhões.

## Avançando na prática

### Processamento de Minerais na Total KA

#### Descrição da situação-problema

A Total KA é uma empresa de grande porte e resolveu iniciar um novo projeto de extração de minério de ferro na cidade de Nova Lima/MG. O engenheiro de minas Pedro foi contratado recentemente e será responsável pela liderança da equipe que realizará a pesquisa mineral nessa cidade. Porém, após pesquisar várias áreas, ele percebe que, aparentemente, somente algumas delas apresentam potencial econômico viável para o projeto da Total KA. A partir disso, como Pedro deve proceder se quiser evitar custos elevados na etapa de pesquisa mineral?

#### Resolução da situação-problema

O engenheiro Pedro deve priorizar as áreas de interesse para o desenvolvimento da pesquisa mineral da empresa Total KA, especificando o tamanho de cada área e sua localização exata, fazendo o pagamento das Taxas Anuais por Hectares (TAH) referentes a essas áreas. Uma vez realizados esses procedimentos, o engenheiro Pedro deve evitar pagar TAH's em áreas que, aparentemente, não apresentam o potencial esperado para a empresa Total KA.

## Faça valer a pena

**1.** A mineração é uma atividade que depende de técnicas de extração para viabilizar sua produção. Durante a pesquisa mineral, os gestores verificam a possibilidade de a jazida ser explorável economicamente ou não, sem se esquecerem dos custos que representam importante aspecto na viabilidade econômica das operações minerárias.

Em relação aos custos que uma mineradora incorre durante a Pesquisa Mineral, podemos afirmar que, inicialmente, os gestores devem:

- a) Gastar o máximo possível na compra de equipamentos da mais alta qualidade.
- b) Iniciar os trabalhos pela sondagem.
- c) Gastar pouco, porque ainda não sabem se o empreendimento será viável economicamente.
- d) Gastar pouco, porque a economia do país está em crise.
- e) Gastar o máximo possível, pois já se sabe a viabilidade econômica do empreendimento.

**2.** Na fase de operação de mina, os custos de mineração subterrânea e a céu aberto variam, dependendo de fatores como a posição geológica dos depósitos, a tecnologia utilizada, o tipo de minério, etc., porém, em ambas as situações ocorrerão operações que apresentam custos similares.

Em ambas as operações de mina, podemos afirmar que os principais custos estão relacionados com:

- a) beneficiamento, carregamento e transporte.
- b) perfurações, desmonte, carregamento e transporte.
- c) perfurações, desmonte e beneficiamento.
- d) análise de solo, topografia e mão de obra.
- e) análise de rocha, amostragem de canais e mão de obra.

**3.** O beneficiamento consiste em processos aplicados nos bens minerais, em que eles são reduzidos em tamanho e o mineral sem interesse é separado dos valiosos, para que as necessidades do cliente sejam atendidas. Nessa etapa, os gestores buscam reduzir os custos associados a esse processo.

Quais são os principais custos associados com a etapa do beneficiamento?

- a) matéria-prima, pesquisa mineral, administração, salários e encargos.
- b) matéria-prima, insumos, estocagem de produtos, energia elétrica, administração, salários e encargos
- c) energia elétrica, administração, salários e pesquisa mineral.
- d) análise de solo, pesquisa mineral, topografia e mão de obra.
- e) análise de solo, topografia, administração, estocagem de produtos e mão de obra.

## Seção 3.2

### Operações diretas e indiretas envolvidas nas etapas da mineração

#### Diálogo aberto

Olá, aluno, como vai? Atualmente, está ocorrendo a transposição do Rio São Francisco, que é um projeto que visa levar a água do rio mais importante do Brasil aos estados nordestinos mais vulneráveis à seca. Essa obra está mudando a vida de muitas pessoas, como na cidade de Monteiro, localizada no sertão da Paraíba, onde o trecho da transposição já foi concluído. No eixo leste desse projeto foram desenvolvidos diversos aquedutos, vales profundos escavados na rocha, estações de bombeamento, em mais de 217 quilômetros de canais e reservatórios para regular o volume das águas, sendo que toda essa construção só foi possível devido às técnicas de perfuração e desmonte das rochas. Muito legal, né? Muito próximo a esse assunto, nessa Seção 3.2, veremos os custos relacionados com as operações de lavra de um projeto minerário, tais como os gastos com: perfuração e desmonte, carregamento e transporte, beneficiamento mineral e logística. Para assimilarmos os conceitos que serão abordados nessa aula, vamos utilizar como estudo a AC Mineral, você se lembra dela? Essa mineradora iniciou um novo projeto na cidade de Paracatu, em Minas Gerais, para a extração de minério de ferro de baixo teor, e você, como engenheiro de minas da empresa, foi escolhido para liderar o time responsável por esse trabalho. As operações de lavra relacionadas com carregamento e transporte trazem grandes custos nas minas brasileiras e, como a AC Mineral está com um orçamento restrito, surgiu a necessidade de reduzir os gastos. Essa mineradora vem utilizando uma perfuratriz há três anos e não sabe se, em termos de custos, compensaria para a empresa continuar utilizando esse equipamento ou se ela deveria trocá-lo por outro. Para tomar essa decisão, você precisa de dados concretos que balizem a sua decisão. Afinal, que tipos de métodos de substituição de equipamentos existem? Como saber se a substituição dessa perfuratriz será vantajosa para a AC Mineral, em termos econômicos? Se essa substituição for viável economicamente, quando fazer a troca dessa perfuratriz?

## Não pode faltar

Olá,aluno,tudobem?Amaioriadasempresas,independentemente do ramo em que atuam, sempre está buscando reduzir custos, não é mesmo? Pois, na área de mineração, uma das formas de as empresas fazerem isso se dá no momento da lavra, ou seja, no conjunto de trabalhos que é organizado para a exploração do minério. A escolha do método de lavra depende da localização e da forma do depósito mineral, sendo que o escolhido deve ser aquele mais seguro e mais econômico para o projeto mineral. Dentre os métodos mais utilizados nessas operações de lavra, temos:

- **Perfuração Rotativa:** método mais utilizado em terrenos sedimentares para poços tubulares, estando baseado em cortar, triturar e desagregar a rocha de interesse, através de movimentos giratórios de uma broca.
- **Perfuração Percussiva:** método que tem o objetivo de obter amostras das rochas que estão sendo perfuradas para análises. Ela é feita pela ação da gravidade, onde o material rochoso é martelado através da combinação de rotação e percussão, atingindo uma ação de corte e moagem.
- **Perfuração a ar comprimido:** esse método reside em uma percussão em alta frequência e de pequeno curso, feita através da broca do equipamento, que é aplicada, sobretudo, na exploração mineral, perfuração de poços de água e em minas.
- **Desmorte Mecânico:** esse método aplica-se na mineração seletiva, permitindo estilhaçar as rochas em pequenos pedaços, sem a presença de explosivos.
- **Desmorte com Explosivos:** método onde se emprega o uso de explosivos para fragmentar a maior parte dos tipos de minérios, possuindo um custo baixo para as empresas.

Como a maior parte dessas operações é realizada pelo uso de equipamentos, tais como perfuratrizes, convém aos gestores das companhias analisarem, frequentemente, a viabilidade de substituição desses ativos, pois, caso essa avaliação seja feita de forma equivocada, isso pode gerar sérios problemas de capital de giro para a empresa. As decisões relacionadas à substituição de equipamentos devem ser tomadas antes do momento em que o ativo atual não seja mais capaz de funcionar. Mas, a decisão de se adquirir uma nova máquina

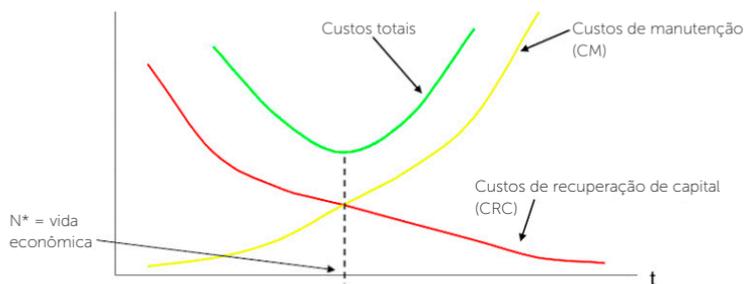
vai depender de alguns elementos: vida útil, vida econômica, custo de manutenção, inadequação para a execução de um determinado projeto, ou o uso de inovações mais rápidas. Podemos afirmar que a vida útil de um equipamento corresponde ao período de tempo em que ele funciona, desempenhando suas atividades de maneira efetiva, enquanto a vida econômica de um equipamento é caracterizada com o atingimento da depreciação econômica total de um ativo, ou seja, quando os custos totais alcançam seu valor mínimo, o ativo atingiu sua vida econômica, portanto:

- Custos totais: envolvem as despesas de manutenção e custos de recuperação do capital;
- Custos de manutenção: envolvem o desempenho do ativo; e
- Custo de recuperação do capital: considera-se tanto o preço de compra do ativo como o seu preço de revenda.



## Exemplificando

Gráfico 3.1 | Vida Econômica de um ativo



Fonte: Amaral (s.d., p. 1)

O Gráfico 3.1 representa a depreciação econômica total de um equipamento, através da comparação dos custos decorrentes do seu uso, em diferentes períodos de tempo. No momento em que os custos totais atingirem seu valor mínimo, o ativo atingiu sua vida econômica.

De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2010), as três principais modalidades de substituição de equipamentos são: baixa sem reposição; baixa com reposição idêntica; e baixa com reposição diferente. Vamos a eles? Na baixa sem reposição, o equipamento atual é desativado, sem que haja a sua substituição, sendo que, nesse contexto, o que mais interessa é se saber quando

é mais viável economicamente tirar o produto de linha, examinando as consequências disso. Essa situação pode ocorrer, por exemplo, quando o minério que está sendo extraído está se esgotando e há uma previsão de suspensão das atividades, sendo mais vantajoso para a empresa vender o equipamento, sem substituí-lo. O estudo da baixa de equipamentos é feito pelo método do Valor Presente Líquido (VPL), e já que este método não é conveniente para determinar a vida econômica de um bem, o ativo deverá ser mantido por mais um período se o VPL de sua manutenção neste período for maior do que zero. Portanto, se o  $VPL < 0$ , o ativo deverá, então, ser substituído no período  $n - 1$ ) (ANDRADE, 2014).

Já na baixa com reposição idêntica, o equipamento atual é desativado, sendo substituído por um outro com custos iniciais, vida física e valores de mercado idênticos àquele. Nessa situação, o novo equipamento a ser adquirido tem os mesmos custos de aquisição, de manutenção, rendimentos e valor residual do equipamento utilizado hoje em dia, ou seja, uma empresa quer adquirir um equipamento novo, igual ao que ela tem hoje, mas, antes disso, quer saber por quanto tempo deverá continuar com o equipamento atual. No caso de substituição idêntica, o mais importante é determinar a vida útil econômica do bem em análise, para assim chegar ao momento ótimo de substituição, sendo que, para resolver este problema, deve-se ter em mãos informações sobre os custos de investimentos, manutenção e reparação. A determinação da vida econômica consiste em achar os custos ou resultados anuais uniformes equivalentes (CAUE) do ativo para todas as vidas úteis possíveis. O ano para o qual o CAUE é mínimo é o da vida econômica do ativo.

Por fim, a baixa com reposição diferente consiste na decisão de manter o equipamento atual por mais alguns anos, ou substituí-lo, imediatamente, por um equipamento mais eficiente. Acontece quando se verifica que houve um progresso tecnológico, isto é, os novos equipamentos são mais aperfeiçoados, mas não é possível detectar uma tendência de evolução contínua. Este tipo envolve a determinação da vida econômica do novo equipamento que está sendo cogitado para substituição.

De acordo com as modalidades de substituição dos equipamentos, existem algumas formas de avaliar a depreciação e substituição de ativos. Nessa seção, veremos algumas delas sendo aplicadas, pelo: Valor Presente Líquido (VPL) e o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).

**a) VPL (Valor Presente Líquido)** - o VPL é uma fórmula que calcula o valor presente de uma série de pagamentos futuros, descontando uma taxa de custo de capital estipulada (esse cálculo é importante porque o dinheiro que vamos receber no futuro não vale a mesma coisa que essa quantia no tempo presente). Esse método pode ser aplicado para calcular todos os tipos de fluxo de caixa, como o Valor Presente do fluxo de fundos do investimento, a certa taxa de juros, onde os investimentos de maior valor presente são preferidos. Então o projeto será economicamente viável quando o VPL for maior do que zero. O VPL é definido pela expressão:

$$\text{VPL} = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - \text{Investimento Inicial}$$

Onde:

$FC_t$  = fluxo de caixa líquido no período de tempo  $t$

$t$  = período de tempo (anos ou meses)

$n$  = vida útil do projeto

$i$  = taxa mínima de atratividade

**b) CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente)** - Método muito indicado para estudos de substituição de equipamentos, quando não é possível determinar, de forma eficiente, o retorno financeiro que o ativo é capaz de gerar. Corresponde à soma do custo anual de recuperação de capital (CRC) com os custos anuais de manutenção (CM).

$$CAUE = CRC + CM$$

Agora iremos ver alguns exemplos de substituição de equipamentos, nas modalidades baixa sem reposição, baixa com reposição por equipamento idêntico e baixa com reposição diferente, de acordo com os indicadores que acabamos de aprender. Vamos lá?

- **Baixa sem Reposição**

Realiza-se o cálculo do número de períodos em anos em que o equipamento deve ser mantido, envolve, pois, o cálculo do VPL de manutenção do ativo no primeiro período, no segundo período, e

assim por diante, até que se obtenha no período n:  $VPL < 0$ . O ativo deverá, então, ser substituído no período  $n - 1$ .

**Exemplo:** Uma empresa de mineração de pequeno porte determinou seus valores de custos e receitas de acordo com a operação e manutenção de uma perfuratriz nos próximos três anos, conforme Tabela 3.1:

Tabela 3.1 | Custos de manutenção de uma perfuratriz

Ano	Valor de Venda	Custos	Receitas
0	500 u.m*	-	-
1	400 u.m	200 u.m	400 u.m
2	320 u.m	300 u.m	400 u.m
3	250 u.m	400 u.m	400 u.m
u.m = unidade monetário			

Fonte: Nascimento ([s.d.]).

Considerando que a taxa mínima de atratividade é de 10% a.a. (ao ano), podemos determinar o momento em que o ativo deverá ser vendido.

**Ano 1:** A manutenção do ativo durante um ano requer um investimento inicial de 500 u.m., para receber 400 u.m. na venda mais 200 u.m. ( $[400 \text{ u.m. (receita)} - 200 \text{ u.m. (custos)]}$ ) no fim de um ano.

Cálculo do VPL (período 0) com a fórmula financeira:

$$VPL = [600 / (1,1)] - 500 = 45,45 \text{ u.m.}$$

**Ano 2:** A manutenção do ativo por dois anos requer um investimento de 400 u.m durante o primeiro ano, para se obter 320 u.m. mais 100 u.m. ( $[400 \text{ u.m. (receita)} - 300 \text{ u.m. (custos)]}$ ) um ano depois (ano 2).

Cálculo do VPL (no período 1) usando a fórmula financeira:

$$VPL = [420 / (1,1)] - 400 = -18,18 \text{ u.m.}$$

Podemos concluir que o ativo deve ser vendido e, conseqüentemente, a produção ser interrompida no fim do ano um, já que no fim do ano dois o VPL é negativo.



A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é uma taxa de juros que representa o mínimo que um investimento deve remunerar para que seja considerado viável economicamente.

- **Baixa com Reposição por Equipamento Idêntico**

Exemplo: Uma empresa de mineração de grande porte possui alguns tratores com o mesmo modelo de fabricação. Portanto, considere um trator da marca XCMG onde o valor de um modelo novo é de R\$ 580,00 e a taxa de 10% a.a. Qual a vida econômica desse ativo considerando os dados da Tabela 3.2? Vale destacar que os valores usados na Tabela 3.2 não são de casos reais, tendo apenas efeito didático.

Tabela 3.2 | Dados do trator

Ano	1	2	3	4	5
Preço de Revenda	\$ 500,00	\$ 440,00	\$ 380,00	\$ 300,00	\$ 230,00
Custos	\$ 10,00	\$ 16,00	\$ 24,00	\$ 34,00	\$ 46,00

Fonte: adaptada de Tópico (I.s.d.).

- a) Considerando ficar com o mesmo durante 1 ano:

$$VPL_1: 580 - 490(P/F;10\%, 1) = 134,5$$

$$CAUE_1: 134,5(A/P;10\%, 1) = 147,95$$

$$CAUE_1: = 147,95$$

Onde:

P = preço de revenda;

F = Final do ano; e

A = ano.

- b) Considerando ficar com o mesmo durante 2 anos:

$$VPL_2: 580 + 10(P/F;10\%, 1) - 424(P/F;10\%, 2) = 238,70$$

$$CAUE_2: 238,70(A/P, 10\%, 2)$$

$$CAUE_2: = 137,52$$

- c) Considerando ficar com o mesmo durante 3 anos:

$$VPL_3: 580 + 10 (P/F; 10\%, 1) + 16(P/F; 10\%, 2) - 356(P/F; 10\%, 3) = 334,85$$

$$CAUE_3: 337,85(A/P, 10\%, 3)$$

$$CAUE_3: = 134,65$$

d) Considerando ficar com o mesmo durante 4 anos:

$$VPL_4: 580 + 10 (P/F; 10\%, 1) + 16(P/F; 10\%, 2) + 24(P/F; 10\%, 3) - 266 (P/F; 10\%, 4) =$$

$$CAUE_4: 438,66 (A/P, 10\%, 4)$$

$$CAUE_4: = 139,39$$

e) Considerando ficar com o mesmo durante 5 anos:

$$VPL_5: 580 + 10 (P/F; 10\%, 1) + 16(P/F; 10\%, 2) + 24(P/F; 10\%, 3) + 34 (P/F; 10\%, 4)$$

$$-184 (P/F; 10\%, 5)$$

$$CAUE_5: 529,32(A/P, 10\%, 5)$$

$$CAUE_5: = 139,63$$

Podemos concluir que a vida econômica é de 3 anos (menor CAUE).

- **Baixa com Reposição Diferente**

Nessa situação, existem dois equipamentos (o atualmente utilizado pela empresa e um outro) que competem entre si. A existência de um outro equipamento implica que ele é tecnologicamente mais desenvolvido que o atual (CAPÍTULO..., s.d.). A dúvida da empresa mineradora estaria em substituir imediatamente o equipamento atual ou mantê-lo por mais um tempo. A substituição ocorrerá pela comparação dos CAUEs mais baixos (valores mínimos) do equipamento atual e do equipamento com melhor tecnologia. Se o CAUE mínimo do equipamento com melhor tecnologia for inferior ao CAUE mínimo do equipamento atual, a substituição do equipamento será vantajosa.

$$CAUE^*_t < CAUE^*_a$$

Onde:

CAUE\*<sub>t</sub> = CAUE do equipamento com melhor tecnologia; e

CAUE\*<sub>a</sub> = CAUE do equipamento atual.

**Exemplo:** Uma empresa analisa a possibilidade de adquirir uma nova perfuratriz. Os dados relativos dessa perfuratriz estão na Tabela 3.3. A atual perfuratriz da empresa tem um valor de mercado de \$ 5.000,00. Seus dados estimados para o próximo ano estão na Tabela 3.4:

Tabela 3.3 | Dados do Equipamento com melhor tecnologia

Ano	Valor Venda	Custos de Manutenção
0	20.000,00	-----
1	15.000,00	2.000,00
2	11.250,00	3.000,00
3	8.500,00	4.620,00
4	6.500,00	8.000,00
5	4.750,00	12.000,00

Fonte: adaptada de Tópico (l.s.d.).

Tabela 3.4 | Dados do equipamento atual

Ano	Valor Venda	Custos de Manutenção
0	5.000,00	-----
1	4.000,00	5.500,00
2	3.000,00	6.600,00
3	2.000,00	7.800,00
4	1.000,00	8.800,00

Fonte: adaptada de Tópico (l.s.d.).

Se a taxa for de 10% a.a., o equipamento atual deve ser substituído pelo equipamento com melhor tecnologia? Realizando os cálculos para nova perfuratriz utilizando o CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente), encontramos os seguintes resultados presentes na Tabela 3.5:

Tabela 3.5 | Custo Anual Uniforme Equivalente para o equipamento de melhor tecnologia

Ano	Venda	Custo	CA	VPL	CAUE
0	20.000,00	-	-	-	-
1	15.000,00	(2.000,00)	(9.000,00)	(8.181,82)	(9.000,00)
2	11.250,00	(3.000,00)	(8.250,00)	(15.000,00)	(8.642,86)
3	8.500,00	(4.620,00)	(8.495,00)	(21.382,42)	(8.598,19)
4	6.500,00	(8.000,00)	(10.850,00)	(28.793,12)	(9.083,39)
5	4.750,00	(12.000,00)	(14.400,00)	(37.734,38)	(9.954,23)

Fonte: adaptada de Tópico (l.s.d.).

Onde: CA é o Custo Anual do equipamento

Sendo assim, conclui-se que a vida econômica desse ativo é de 3 anos, pois é quando temos o CAUE mínimo:

$$CAUE_t = 8.598,19$$

Realizando os cálculos para a atual perfuratriz utilizando o CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente), encontramos os seguintes resultados presentes na Tabela 3.6:

Tabela 3.6 | Custo Anual Uniforme Equivalente para o equipamento atual

Ano	Venda	Custo	CA	VPL	CAUE
0	5.000,00	-	-	-	-
1	4.000,00	(5.500,00)	(7.000,00)	(6.363,64)	(7.000,00)
2	3.000,00	(6.600,00)	(8.000,00)	(12.975,21)	(7.476,19)
3	2.000,00	(7.800,00)	(9.100,00)	(19.812,17)	
4	1.000,00	(8.800,00)	(10.000,00)	(26.642,31)	(8.404,87)

Fonte: adaptada de Tópico ([s.d.]).

Assim, como o CAUE mínimo do equipamento atual (7.476,19) é menor do que o CAUE mínimo do equipamento com melhor tecnologia (8.598,19), então, o equipamento atual deverá ser mantido.

## Operações de Lavra: Carregamento e Transporte

Durante as distintas etapas do ciclo de mineração, existem diferentes necessidades de traslado, por exemplo: funcionários, equipamentos, suprimentos e produtos. O deslocamento dentro da indústria de minas geralmente envolve o uso de caminhões e a gestão do transporte ferroviário, o que pode ser dispendioso, se não existir um bom relacionamento com as empresas ferroviárias. Por isso, o planejamento das operações de carregamento e a alocação dos caminhões que realizam o transporte do material mineral podem garantir melhores resultados para a produção.

Na alocação dinâmica através de softwares especializados de despacho, o engenheiro de minas é capaz de especificar quais pontos da jazida possuem melhor localização para executar o reabastecimento e a descarga, com o intuito de diminuir o tempo na fila de outros equipamentos, contudo essa tecnologia é mais indicada em minas de grande porte, devido ao seu alto custo

financeiro. Para minas de pequeno porte e que possuem um baixo orçamento pode-se aplicar a alocação estática, na qual os caminhões realizam rotas fixas, em um único equipamento, para carga e descarga de material. Equipamentos como escavadeiras a cabo, retroescavadeiras hidráulicas, carregadeiras de rodas, motoscrapers, dragas e carregadeiras sobre pneus ou esteiras são as ferramentas mais utilizadas na etapa de carregamento, que consiste em encher a caçamba do caminhão pela lateral ou traseira com o material que já passou pelo processo de desmonte. Por conseguinte, o transporte visa transladar o material extraído da mina, que foi processado pelas etapas de perfuração e desmonte. Os caminhões são direcionados na lavra de maneira que os equipamentos de carga removam os insumos e, conseqüentemente, os caminhões levem-nos para o destino estabelecido.

Como já vimos na Seção 3.1, o beneficiamento consiste em processos aplicados nos bens minerais, onde eles são reduzidos em tamanho e o mineral sem interesse é separado dos valiosos. O beneficiamento de minério como uma atividade industrial está direcionado ao lucro econômico, no entanto, a separação completa dos constituintes minerais não é possível, em via de regra, pois quanto maior o teor dos concentrados, mais baixas são as recuperações, ou seja, maiores são as perdas. Por isso, se uma empresa de mineração busca maior lucratividade, esses itens precisam ser balanceados. Caso exista a necessidade de uma etapa adicional de tratamento de um determinado bem mineral, não é aconselhável que os custos de produção do beneficiamento sejam maiores do que os preços dos produtos adquiridos.

### **Operações de logística: Carregamento e Transporte dos Produtos**

A indústria de mineração é altamente competitiva e para garantir a satisfação dos clientes, as empresas buscam mover seus volumes de produtos da maneira mais econômica. Por isso, a logística desempenha um papel fundamental nesse sentido. As operações mais comuns incluem o transporte, gestão de estoques, processamento de pedidos, suprimento, armazenagem, manuseio de materiais, embalagem, programação de produção e a administração de materiais (BALLOU, 1993). Na África do Sul, país conhecido como o maior centro de mineração do mundo,

as companhias começaram a mudar seu foco para uma eficiente gestão logística. Através do uso de equipamentos modernos e controles eficazes, as empresas realizam o acompanhamento do desempenho da produção visando o melhor comando de suas operações de carregamento e transporte na mineração e contribuindo para que a produção alcance um índice de rendimento operacional acima da média do setor. Em busca de intensificar a taxa de produção e reduzir o custo por tonelada produzida, as mineradoras pretendem, no futuro, digitalizar ainda mais seus trabalhos em campo, permitindo integrar suas tarefas em tempo real. A automação na logística é o futuro do setor de mineração, já que a queda dos preços das *commodities* minerais e os altos custos trabalhistas forçam os empresários a vislumbrarem o uso de novas tecnologias autônomas, como drones, caminhões sem motoristas, carregadores subterrâneos, transporte ferroviário autônomo, etc. Além disso, muito se fala do conceito da logística integrada como forma de vantagem competitiva, que se baseia na geração de valor para um serviço ou produto destinado ao consumidor e no custo total desse serviço, que deve ser menor ao longo do processo. A logística integrada é composta por três pilares: atividades estratégicas que decidem sobre a alocação de recursos e produtos; atividades táticas que permeiam as metas que precisam ser alcançadas no planejamento logístico e na organização dos fornecedores, da rede de distribuição e da subcontratação de serviços; e, por fim, atividades operacionais que abrangem toda gestão de logística do dia a dia da companhia e na resolução de problemas. A logística deve começar desde o planejamento estratégico e exploração da jazida a fim de se obter uma melhor extração, realizar um carregamento, estocagem e traslado eficientes na busca da melhor qualidade do minério adquirido. Esses fatores são cruciais para garantir vantagem competitiva em vista da concorrência. Desse modo, você, como futuro engenheiro de minas, precisa estar atento a todo o processo, desde a extração até a chegada do produto para o consumidor final.



### Refleta

Como a automação dentro da indústria de mineração vai afetar o mercado de trabalho desse setor a longo prazo?

## Sem medo de errar

Olá, aluno, espero que tenha assimilado os conceitos passados nessa aula, porque eles vão nos ajudar a solucionar uma situação enfrentada na AC Mineral. Você se lembra do caso?

A AC Mineral iniciou um novo projeto na cidade de Paracatu, em Minas Gerais, para a extração de minério de ferro de baixo teor, e você, como engenheiro de minas da empresa, foi escolhido para liderar o time responsável por esse trabalho, atuando, principalmente, com os custos da operação de mina, já que a empresa está com um orçamento reduzido. A mineradora utiliza uma perfuratriz há três anos e não sabe se, em termos de custos, compensaria para a empresa continuar utilizando esse equipamento ou se ela deveria trocá-lo por outro. Para tomar essa decisão, você precisa de dados concretos que balizem a sua decisão. Afinal, que tipos de métodos de substituição de equipamentos existem? Como saber se a substituição dessa perfuratriz será vantajosa para a AC Mineral, em termos econômicos? Se essa substituição for viável economicamente, quando fazer a troca dessa perfuratriz? Para delimitar sua decisão, você precisa lembrar que existem três modalidades de substituição de equipamentos: baixa sem reposição, baixa com reposição idêntica e baixa com reposição diferente. A baixa sem reposição não precisa ser levada em consideração pela AC Mineral, pois ela determina qual o momento mais vantajoso de se vender um equipamento, quando a empresa não quer mais continuar com a exploração mineral (o que não é o caso da AC Mineral). Na modalidade baixa com reposição idêntica, a mineradora precisa decidir em que momento ela deve trocar a perfuratriz atual por uma idêntica a ela (em termos de custos de aquisição, de manutenção, rendimentos e valor residual do equipamento utilizado). Nesse caso, faz-se o cálculo do CAUE do equipamento, sendo que a troca do mesmo é vantajosa (recomendada) quando o valor do CAUE for mínimo (o equipamento atingiu sua vida econômica). Por fim, na modalidade baixa com reposição diferente, a AC Mineral decidiria quando (e se) ela deve trocar a perfuratriz atual por outra com tecnologia superior. Para chegar a essa decisão, você deve calcular o CAUE dos dois equipamentos e compará-los. Se o menor CAUE do equipamento com tecnologia superior for inferior ao menor CAUE do equipamento atual, será interessante a substituição da perfuratriz por um equipamento diferente.

## Avançando na prática

### Mineração de Bauxita pela empresa Valley

#### Descrição da situação-problema

A mineradora americana Valley é uma empresa de grande porte que extrai bauxita em uma cidade de Minas Gerais. A engenheira de minas Rafaella trabalha na empresa e precisa administrar os processos de transportes da produção da mina, determinando o volume de viagens que cada caminhão irá fazer na lavra para carga e descarga, bem como alocar os equipamentos para atender às metas de produção de modo a potencializar a frota de veículos disponível sem filas. Sendo assim, a engenheira Rafaella se questiona: como otimizar os processos de transporte de forma mais eficaz?

#### Resolução da situação-problema

Visando maximizar os processos de transporte na produção da lavra de bauxita pela empresa Valley, a engenheira Rafaella deve utilizar a alocação dinâmica, pois, através de softwares especializados em mineração, ela será capaz de dimensionar e simular os pontos da jazida que possuem melhor localização para executar o reabastecimento e a descarga. Apesar desses softwares serem caros, utilizando-os, Rafaella conseguirá otimizar o tempo de cada ação, de modo que não existam longas filas, gerando aumento eficaz na produção de bauxita pela Valley.

## Faça valer a pena

**1.** Em qualquer empresa pode surgir a dúvida se a organização deve continuar utilizando um equipamento atual ou se ela deve trocá-lo por outro equipamento. A análise dessa questão não deve ser feita de maneira aleatória, pois existem ferramentas como o Valor Presente Líquido (VPL) e o Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) que indicam a melhor escolha.

Quais são as três principais modalidades de substituição de equipamentos?

a) Baixa sem reposição; Baixa com reposição idêntica; e Baixa com reposição diferente.

- b) Baixa com desistência; Baixa com reposição imediata; e Baixa com reposição futura.
- c) Baixa sem reposição; Baixa com reposição idêntica; e Baixa com reposição futura.
- d) Baixa com desistência; Baixa com reposição imediata; Baixa com reposição diferente.
- e) Baixa sem reposição; Baixa com reposição imediata; Baixa com reposição futura.

**2.** O CAUE (Custo Anual Uniforme Equivalente) é um método muito indicado para estudos de substituição de equipamentos, quando não é possível determinar, de forma eficiente, o retorno financeiro que o ativo é capaz de gerar. Já o VPL (Valor Presente Líquido) é uma fórmula que calcula o valor presente de uma série de pagamentos futuros, descontando uma taxa de custo de capital estipulada.

Em uma situação de substituição de equipamentos pela modalidade baixa sem reposição, assinale a única alternativa correta:

- a) O equipamento atual será substituído por um equipamento idêntico, quando o CAUE for mínimo.
- b) O equipamento atual será substituído por um equipamento diferente, com tecnologia superior.
- c) O cálculo do CAUE não é importante e o VPL irá determinar quando o equipamento deverá ser colocado à venda.
- d) O equipamento atual será substituído pelo equipamento com melhor tecnologia, após análise dos valores do CAUE.
- e) O VPL será igual a zero.

**3.** As empresas de mineração devem estar atentas a quaisquer oportunidades que as permitam diminuir os seus custos, já que o mercado é muito competitivo e traz diversos desafios que devem ser suplantados. Dessa forma, a substituição de equipamentos deve ser encarada como uma oportunidade para essa redução de custos.

Assinale a única alternativa correta sobre a substituição de equipamentos na modalidade baixa com reposição por equipamento idêntico:

- a) Os equipamentos chamados de defensor e de desafiante são diferentes, e não possuem o mesmo custo de manutenção.
- b) A empresa quer adquirir um equipamento novo, com a mesma tecnologia, mas com custos de manutenção menores ao que ela tem hoje,

mas, antes disso, quer saber por quanto tempo deverá continuar com o equipamento atual, a melhor alternativa é renovar a frota de quatro em quatro anos.

c) A empresa quer adquirir um equipamento novo, com tecnologia superior ao atual, mas, antes disso, quer saber por quanto tempo deverá continuar com o equipamento atual.

d) A empresa quer adquirir um equipamento novo, igual ao que ela tem hoje, mas, antes disso, quer saber por quanto tempo deverá continuar com o equipamento atual.

e) O CAUE não pode ser utilizado como parâmetro de decisão para a escolha entre o equipamento atual ou o novo.

## Seção 3.3

### Principais custos diretos e indiretos relacionados com as operações minerárias

#### Diálogo aberto

Caro estudante, você sabia que, no início de 2015, a multinacional brasileira Vale S.A. foi eleita como a empresa com menores custos operacionais do setor mineral no mundo? De fato, durante esse período, a companhia foi capaz de transladar seu minério de ferro aos portos chineses com um gasto de US\$ 6/tonelada a menos do que suas principais concorrentes, e isso foi o resultado de um baixo custo de lavra e do uso intensivo de transporte marítimo. No entanto, ao final deste mesmo ano, a mineradora Australiana RoyHill roubou o posto da Vale S.A.

Como você pode perceber, nessa competição de preços só ficarão no topo aqueles produtores com os menores gastos. Por isso, a estimativa de custos de capital e de operação é um dos estágios mais críticos em qualquer projeto de mineração. Para muitas empresas, abrir uma nova mina ou expandir uma operação existente pode ser uma tarefa desafiadora e, nesse momento, além de projetar e avaliar as questões socioambientais, a primeira pergunta frequentemente feita é: quanto isso vai custar para a empresa?

A estimativa do custo da mina pode ser feita em vários níveis. No começo, pode ser feita uma simples estimativa de gastos, e, mais tarde, pode-se usar uma mina existente que a empresa possui há mais tempo como fator de comparação de custos. As estratégias e o planejamento das empresas de mineração dependem fortemente do estado do mercado e, quando ele está desfavorável, as mineradoras tendem a reduzir custos para continuarem lucrativas. Portanto, nessa seção, iremos analisar os principais custos diretos e indiretos envolvidos nas operações de lavra: perfuração, desmonte, carregamento de transporte, tratamento de minérios e logística de produtos.

Para nos auxiliar nessa tarefa, iremos usar como base a AC Mineral (lembra-se dela?), a mineradora de pequeno porte que está operando em Paracatu, Minas Gerais, extraíndo minério de ferro

de baixo teor. Você trabalha nessa empresa como engenheiro de minas e está sendo pressionado pelos seus superiores para diminuir os custos de toda a operação, já que a AC Mineral está com um orçamento bastante apertado. Em especial, seus superiores querem saber exatamente quanto a AC Mineral tem gasto em cada viagem que faz para transportar o ferro para o porto de Santos, a 953 km de distância, de onde o insumo é exportado para diversos países do mundo. Dessa forma, você começa a levantar diversas informações sobre os desembolsos financeiros que a mineradora vem incorrendo nesse processo, chegando aos dados apresentados nas Tabelas 3.7 e 3.8:

Tabela 3.7 | Informações gerais

- Distância de Paracatu/MG até Santos/SP: 953 km.
- 1 Funcionário é o responsável pelo transporte do ferro de Paracatu até Santos.
- Ele trabalha 220 horas por mês e a AC Mineral gasta com ele, entre salário e encargos trabalhistas, R\$ 3.000,00 por mês.
- Sobre essa operação de transporte, a AC Mineral tem gastos administrativos de R\$ 1.200,00 por mês.
- Taxas de juros: 3% ao mês.

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 3.8 | Custos Fixos e Variáveis

<b>Informações relacionadas aos custos fixos:</b>
1.1 Valor de Aquisição do Veículo que faz o transporte: R\$ 200.000,00
1.2 Valor residual do Veículo: R\$ 120.000,00
1.3 Vida útil do veículo: 120 meses
1.4 IPVA + Seguro obrigatório: R\$ 8.000,00 por ano.
1.5 Velocidade média do veículo: 65 km por hora

### Informações relacionadas aos custos variáveis:

2.1 Preço do combustível: R\$ 3,50 por litro

2.2 Consumo de combustível do caminhão: 4 km por litro

2.3 Preço do óleo: R\$ 8,00 por litro

2.4 Litros de óleo utilizados por troca: 40 litros

2.5 Intervalo de troca de óleo: 10.000 km

2.6 Número de pneus de um caminhão: 18 unidades

2.7 Preço Unitário do pneu: R\$ 1.000,00

2.8 Vida útil de cada pneu: 90.000 Km

2.9 Custos de manutenção: R\$ 0,50 por Km

2.10 Custos com cada lubrificação: R\$ 200,00

2.11 Intervalo para lubrificação: 2.000 Km

Fonte: elaborada pela autora.

Com base nessas informações, qual é o custo que a AC Mineral tem, em cada viagem rodoviária que faz para transportar o ferro para Santos?

Pronto para esse desafio? Bons estudos e mãos à obra!

## Não pode faltar

### Custos Operacionais na Lavra: Perfuração, Desmonte e Carregamento de Transporte

Em qualquer empresa, uma boa gestão dos custos vai garantir maior lucratividade, permitindo aos líderes do projeto executarem as atividades planejadas para o curto, médio e longo prazos de maneira eficiente, sempre visando à melhoria contínua.

Os custos podem ser classificados de maneiras diferentes. Vamos conhecer algumas delas?

- ***Custos em relação à sua apropriação aos produtos fabricados***

- Custos diretos: são aqueles que podem ser atribuídos (ou identificados) diretamente a um produto ou serviço, ou seja, eles estão relacionados diretamente aos produtos que estão sendo fabricados, tais como: matéria-prima, mão de obra direta, depreciação dos equipamentos, etc.

- Custos indiretos: são aqueles que não estão ligados diretamente à fabricação dos produtos, não podendo ser apropriados diretamente a cada produto feito, no momento da sua ocorrência, tais como: salários gerenciais, aluguel, gastos com limpeza da empresa e energia.

- ***Custos em relação aos níveis de produção***

- Custos fixos: são aqueles que se mantêm inalterados, independentemente do volume de produção, por exemplo: aluguel, serviços de segurança, limpeza, planos de telefonia. Dentro das atividades de mineração podemos afirmar que a mão de obra está diretamente ligada aos custos de produtividade.

- Custos variáveis: são aqueles que são alterados de acordo com o volume de produção da empresa, ou seja, quanto mais a empresa produz, mais ela gasta com esses custos variáveis. Como exemplos de custos variáveis no setor de mineração, podemos citar: combustível, pneu, explosivos, acessórios, bits, hastes de perfuração (todos na fase de lavra), reagentes, corpos moedores de moinho (na fase de beneficiamento), etc.

Na mineração, a estipulação dos custos não é uma tarefa tão simples, pois a atividade mineral é composta por diversas etapas. Um dos fatores que vai influenciar os custos de uma mineradora é a escolha dos equipamentos que serão utilizados em todo o projeto. Os custos de perfuração, por exemplo, estão relacionados com o metro de rocha perfurada (\$/m), ou seja, com os custos diretos pertencentes às operações dos equipamentos, manutenção, aquisição de materiais, acessórios e energia. Segundo Jimeno et al. (1995), ele pode ser representado pela soma de todos os custos, divididos pela produtividade da perfuratriz:

$$C_{TD} = \frac{C_A + C_I + C_M + C_O + C_E + C_L + C_B + C_C + C_P}{P_r}$$

Onde:

$C_{TD}$  : custo total de perfuração (\$/m);

$C_A$  : depreciação (\$/hora);

$C_I$  : seguro (\$/hora);

$C_M$  : manutenção e reparos (\$/hora);

$C_o$  : mão de obra (\$/hora);

$C_E$  : combustível ou energia (\$/hora);

$C_L$  : óleo, graxa e filtros (\$/hora);

$C_B$  : bits, hastes, luvas (\$/hora);

$C_c$  : coroa (\$/hora);

$C_p$  : punho (\$/hora);

$P_r$  : produtividade da perfuratriz (m/hora).

Caro estudante, imagine uma companhia de mineração que utiliza uma perfuratriz, adquirida por US\$ 250.000,00, com 16.000 horas de vida útil, com uma taxa de perfuração de 50 metros por hora, realizando aproximadamente 10 furos por dia em suas operações, em uma mina a céu aberto. O equipamento tem hastes que medem 12 mm, furos com 8 m de comprimento, além de brocas de extensão com as seguintes especificações: punho: 80 m; coroas: 250 m; hastes e luvas: 1.000 unidades de cada.

O tempo de trabalho anual dessa empresa de mineração está a seguir:

- Horas trabalhadas por dia (Hd): 8 horas
- Quantidade de dias de trabalho na semana (Ds): 5 dias
- Quantidade de semanas de trabalho no mês (Sm): 4 semanas
- Quantidade de meses do ano trabalhados (Ma): 12 meses

Podemos encontrar o valor das horas trabalhadas por ano (Ha) da perfuratriz, através da seguinte fórmula matemática:

$$Ha = Hd \times Ds \times Sm \times Ma$$

$$Há = 8 \times 5 \times 4 \times 12 = \mathbf{1.920 \text{ horas por ano}}$$

Considerando uma taxa de câmbio de US\$ 1,00 = R\$ 3,30; podemos realizar os seguintes cálculos:

- **Depreciação ( $C_A$ )** = [Preço US\$ x (US\$/R\$)] / vida útil = (US\$ 250.000,00 x R\$/US\$ 3,30 / 16.000 h = R\$ 51,56 por hora.
- **Custo dos Reparos e serviços por hora ( $C_M$ )** = R\$ 30,00 por hora.
- **Custo da Mão de obra por hora ( $C_o$ )** = (Salários mensais) / (horas trabalhadas por mês) = R\$ 4.100,00 / 160 h = R\$ 25,63 por hora.
- **Custo do Combustível por hora ( $C_E$ )** = (Litros consumidos por hora) x (preço unitário do litro) = 30 litros por hora x R\$ 3,80 o litro = R\$ 114,00 por hora.
- **Custo dos Lubrificantes por hora ( $C_L$ )** = R\$ 10,00 por hora.
- **Custo da Haste por hora ( $C_B$ )** = R\$ 70.000,00 (ano) / 1920 h = R\$ 36,45 por hora.
- **Custo das Coroas por hora ( $C_C$ )** = R\$ 3.500,00 (ano) / 1920 h = R\$ 1,82 por hora.
- **Custo do Punho por hora ( $C_p$ )** = R\$7.250,00 (ano) / 1920 h = R\$ 3,78 por hora.

Considerando que o equipamento não possui seguro ( $C_I = 0$ ), o seu custo total de perfuração pode ser determinado utilizando a fórmula que acabamos de visualizar, ou seja, somando-se todos os custos horários da perfuratriz e dividindo esse valor pela produtividade da mesma. Vale destacar que como em cada hora a máquina perfura 50 metros ( $P_r = 50$ ), encontraremos o custo por metro perfurado, conforme a fórmula a seguir:

$$C_{TD} = \frac{C_A + C_I + C_M + C_o + C_E + C_L + C_B + C_C + C_P}{P_r}$$

$$C_{TD} = \frac{R\$51,56 + R\$0,00 + R\$30,00 + R\$25,63 + R\$114,00 + R\$10,00 + R\$36,45 + R\$1,82 + R\$3,78}{50 \text{ metros}} = R\$5,46 / \text{metro}$$

As escolhas do material para executar a explosão, bem como os acessórios de perfuração e parâmetros de detonação, são relevantes para otimizar o desmonte, impactando os custos secundários. Geralmente, utilizam-se explosivos para fragmentação das rochas na produção; logo, os custos de desmonte são calculados de acordo com o volume produzido de insumos, levando em consideração a preparação dos furos de sondagem até a etapa de explosão, abrangendo os materiais consumidos, o transporte e a mão de obra.

- **Materiais Consumidos** - Todos os materiais necessários para realização do plano de fogo, ou seja, explosivos e acessórios que serão aplicados quando os técnicos já fizeram o dimensionamento dos furos e da malha de perfuração. A partir dos dados relacionados ao comprimento do furo, tampão e peso da carga, consegue-se medir a quantidade de explosivos que serão usados e especificar o custo de carregamento de transporte, a partir da equação seguinte (OLOFSSON, 1990). Assim, o primeiro passo a ser dado para o cálculo desses custos é calcular os custos dos materiais utilizados:

$$C_{EXP} = (L_B \times (H - T) \times \text{valor do explosivo por Kg})$$

$$M_C = C_{EXP} + C_{AC}$$

$C_{EXP}$  : custo de explosivo por furo (\$/furo);

$L_B$  : concentração de carga no furo (kg/m);

H: profundidade do furo (m);

T: tampão (m);

$M_C$  : custo dos materiais utilizados (\$/furo); e

$C_{AC}$  : custo de acessórios por furo (\$/furo).

- **Custos de Transporte e entrega** - Resumem-se nos gastos associados ao frete e utilização dos veículos no projeto.
- **Custos de Mão de Obra** - Envolve os salários dos funcionários que atuaram diretamente nas operações (tais como os técnicos e os motoristas). Apesar de não existir uma metodologia específica para o cálculo desses custos, sempre se leva em consideração a quantidade de horas trabalhadas ou furos perfurados.

No desmonte, utilizam-se diferentes técnicas para realizar o carregamento e a detonação dos furos, seja pela forma mecânica ou com explosivos. Segundo Rajpot (2009), a soma dos fatores envolvidos nessa etapa pode ser observada na equação a seguir:

$$C_D = C_T + C_{MO} + C_{EX} + C_{AC}$$

Onde se considera:

$C_D$  : custo do desmonte (\$/furo);

$C_T$  : custo de transporte e entrega (\$/furo);

$C_{MO}$  : custo de mão de obra (\$/furo);

$C_{EX}$  : custo de explosivos (\$/furo); e

$C_{AC}$  : custo de acessórios (\$/furo).

Para exemplificarmos esse custo do desmonte, imagine uma empresa de mineração que realiza operações de desmonte de rochas atuando 160 horas por mês, onde os funcionários ganham R\$ 30,00 por hora, realizando, em média, 30 furos / mês e obtendo como resultado 05 toneladas de insumos para transportar em apenas uma viagem. Considerando o preço do frete R\$ 20,00 por tonelada para uma distância de 96 Km e os custos relacionados ao desmonte e mão de obra, temos os seguintes custos:

Tabela 3.9 | Custo Desmonte com Explosivos

FERRAMENTA	UNIDADES DO DESMONTA	PREÇO POR UNIDADE (R\$)	CUSTOS DE DESMONTA (R\$)
<b>Acessórios</b>			
Exel HTD de 25 m	30	8,20	246,00
Exel HTD de 42 m	30	8,20	246,00
Exel CA de 250 m	20	10,20	204,00
$C_{AC}$ - TOTAL			696,00
<b>Explosivo</b>			
BoosterPentex	100	4,29	429,00
Mantopim	3	2,00	6,00
$C_{EX}$ - TOTAL			435,00

Fonte: elaborada pela autora.

- **Custo do Transporte e Entrega ( $C_T$ ) - (frete X toneladas) =**  
 $(R\$ 20,00 \times 5) = R\$ 100,00$
- **Custo da Mão de Obra ( $C_{MO}$ ) = (Valor/hora) X (horas/mês)**  
 $= (30,00 \times 160 \text{ h}) = R\$ 4.800,00$

Assim, utilizando a fórmula de desmonte, podemos concluir que os custos totais da produção de desmonte ( $C_D$ ) são:

$$C_D = C_T + C_{MO} + C_{EX} + C_{AC}$$

$$C_D = R\$100,00 + R\$4.800,00 + R\$435,00 + R\$696,00 = R\$6.031,00$$



### Exemplificando

Exel HTD são detonadores baseados em tubos de sinais elétricos compostos por uma espoleta de retardo, conectada a um tubo de choque para transmissão de sinal e um conector plástico. Essa tecnologia determina a sequência de explosão por furo. Detonadores eletrônicos à distância foram desenvolvidos para aumentar a segurança dos equipamentos e das condições do ambiente de trabalho (SAAD, s.d.). Para aumentar ainda mais a segurança dos funcionários nas minas, no ano de 2000 foram desenvolvidas as primeiras máquinas de detonamento *wireless* (que não precisam de cabos/fios) (SAAD, s.d.).

### Custos Logísticos: Carregamento e Transporte na Lavra

As operações de carregamento e transporte consistem em retirar o material extraído da frente de lavra e levá-los até os diferentes pontos de descarga. Consideremos o caso de uma empresa de mineração de calcário, de pequeno porte, que tem atividades de lavra a céu aberto. A empresa obteve uma produção de 300.000 toneladas no ano 2 e prevê uma produção de 450.000 toneladas de calcário, no ano 3, variando entre calcário dolomítico e calcítico, conforme Tabela 3.10:

Tabela 3.10 | Movimentação de minério de 3 anos

<b>ROM (Run of mine):</b> é o minério que vem diretamente da mina para a usina de beneficiamento ou depósito da usina	Ano 1	Ano 2	Ano 3
Minério (t)	220.000	300.000	450.000
Calcário Dolomítico (t)	170.000	240.000	380.000
Calcário Calcítico (t)	50.000	60.000	70.000

Fonte: adaptada de Souza (2014, p. 43).

Agora, imagine que a empresa já possui equipamentos de carga e transporte, a distância média de transporte das frentes de lavra da mina até o britador é de 3,6 km. As horas trabalhadas são de 6 horas por dia, cinco dias por semana, totalizando 30 horas semanais.

Suponha ainda que o gasto com o equipamento de transporte (pneu, depreciação, diesel, etc.) seja de R\$ 2.000,00 / mês, e com a mão de obra para transportar seja de R\$ 5.000,00 / mês. Além disso, para aspersão das vias para transportar este minério se tem o gasto de caminhões-pipa de R\$ 600,00/ mês, gastos com escavadeira para rebatimento do talude de R\$ 900,00 / mês, gastos com carregadeira de R\$ 800,00 / mês para carregar o caminhão. Portanto, para calcular os custos totais referentes ao carregamento e transporte na lavra podemos considerar a fórmula matemática a seguir:

$$C_{CT} = C_{ET} + C_{MO} + C_{CE} + C_{CP} + C_C$$

Onde se considera:

$C_{CT}$ : custo total.

$C_{ET}$ : custo com equipamento de transporte (pneu, depreciação, diesel, etc.) (\$/mês): R\$ 2.000,00/mês

$C_{MO}$ : custo de mão de obra (\$/mês): R\$ 5.000,00/mês

$C_{CE}$ : custo com escavadeira para rebatimento do talude: R\$ 900,00/mês

$C_{CP}$ : custo de caminhões-pipa (\$/mês): R\$ 600,00/ mês

$C_C$ : custo com carregadeiras (\$/mês): R\$ 800,00 / mês

$$C_{CT} = R\$2.000,00 + R\$5.000,00 + R\$900,00 + R\$600,00 + R\$800,00 = R\$9.300,00$$

Portanto, podemos considerar que o custo total de carregamento e transporte na lavra por mês é de R\$ 9.300,00.

## Custo de Tratamento de Minérios

O beneficiamento é considerado uma das etapas mais caras em um projeto de mineração, por isso, é importante que os gestores realizem estudos e análises de mercado, pois, através disso, serão capazes de reduzir os custos associados a esse processo e, conseqüentemente, obterão um retorno financeiro melhor, garantindo um empreendimento mineral competitivo no mercado e o aproveitamento inteligente e sustentável. Dessa forma, convém que os engenheiros de minas conheçam, com excelência, cada operação unitária do processamento mineral para que seja possível reduzir o custo unitário delas. Os custos do beneficiamento estão relacionados com a fabricação dos produtos, sendo normalmente

divididos em Matéria-Prima (MP), Mão de Obra Direta (MOD) e Custos Indiretos de Produção (CIP).

### **Custos de Produção no Beneficiamento = MP + MOD + CIP**

Portanto, para exemplificarmos os custos de produção de beneficiamento, imagine uma mineradora que funciona 25 dias ao mês, com aproximadamente dois turnos de trabalho de 8 horas cada, atuando tanto no recebimento do minério bruto da lavra quanto na usina de beneficiamento, processando, em média, 85 toneladas de minério de ferro, com os valores de produção representados na Tabela 3.11. Uma vez que a usina de beneficiamento já foi depreciada na sua totalidade, para obter esses resultados foi utilizado o método de custeio por absorção total, que engloba os custos totais: fixos, variáveis, diretos e/ou indiretos.

Tabela 3.11 | Custos conjuntos na produção de beneficiamento de minério de ferro

<b>CUSTOS DA PRODUÇÃO DO BENEFICIAMENTO</b>	<b>CUSTO INDIRETO DE PRODUÇÃO (CIP)</b>	<b>R\$</b>
<i>Custo Variável</i>		
Minério de ferro R. O. M (MP)	custo direto	508.936,12
Estocagem de produtos (CIF)	custo direto	30.150,30
Energia elétrica (CIF)	custo direto	32.478,74
Insumos (CIF)	custo direto	70.545,42
<b>Custo Fixo</b>		
Salários e encargos (MOD)	custo direto	57.062,02
Administração (CIF)	custo direto	34.391,36
<b>TOTAL</b>		<b>733.563,96</b>

Fonte: adaptada de Feil e Neto (2008, p. 140).

Dessa forma, através da Tabela 3.12 é possível adquirir os valores dos custos de produção.

Tabela 3.12 | Custos de Produção

	<b>R\$</b>
Matéria-prima (MP)	508.936,12
Mão de obra direta (MOD)	57.062,02
Custos Indiretos de Fabricação (CIF)	167.565,82
<b>Custos de Produção</b>	<b>733.563,96</b>

Fonte: adaptada de Feil e Neto (2008, p. 140).



Pesquise mais sobre o método custeio por absorção, pesquisando mais em:

MRDANGOBALANGO. **Custeio por absorção 1**. Disponível em <[www.youtube.com/watch?v=h0BB51ecpRA&t=267s](http://www.youtube.com/watch?v=h0BB51ecpRA&t=267s)>. Acesso em: 12 dez. 2017.

## Custo de Logística: Carregamento e Transporte dos produtos

No mercado de mineração altamente competitivo de hoje, a logística desempenha um papel fundamental, pois o cliente sempre tem prioridade. O foco principal de uma empresa é construir uma função de cadeia de suprimentos inteligentes para o futuro. Ao priorizar a logística como uma função operacional e estratégica e não como um componente financeiro, o setor mineral está ficando mais atento ao gerenciamento de uma logística organizada. Embora a compreensão dos custos logísticos difira entre as empresas, ela, geralmente, inclui os custos de transporte, mão de obra, armazenamento e administração. Obviamente, os custos de logística dependerão em grande parte da natureza dos bens e serviços. Na mineração, a gestão de estoques permite armazenar o minério de distintas formas através de vagões ferroviários, em silos e em pilhas, no caso de produto beneficiado. O método em pilhas se torna mais vantajoso, pois, além de permitir estocar grandes quantidades de produtos por longos períodos de tempo, possui um baixo custo. Existem diferentes formas de transladar os produtos da lavra de acordo com as necessidades da empresa e a estrutura de custos, sendo que, no Brasil, os modais de transporte de carga podem ser classificados como: ferroviário, rodoviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Quer um exemplo de cálculo de custos logísticos utilizando como base o modal rodoviário? Imagine que uma empresa de mineração atuando na cidade de Pedra Branca, no Ceará, necessita transladar sua matéria-prima para Recife/PE, através de caminhões do tipo carreta. Como mensurar seus custos logísticos de transporte, dadas as seguintes informações?

### Dados da Empresa:

- Salário do Funcionário: R\$ 1.000,00 / mês.
- Horas Trabalhadas: 180 horas por mês.

- Encargos e Benefícios do Funcionário: R\$ 700,00 / mês.
- Custos Administrativos: R\$ 630,45 / mês.
- Taxas de Juros: 5% ao mês.

#### **Dados do Veículo:**

- Consumo de Combustível: 2,53 Km / L (quilômetros por litro)
- Intervalo de troca de óleo: 10.000 Km
- Litros de óleo por troca: 40 L
- Número de pneus em um caminhão: 18 unidades
- Intervalo de troca de pneus: 90.000 km
- Número de recapagens: 02
- Custos com manutenção; R\$ 0,20 por Km
- Intervalo de Lubrificação: 1500 Km
- Velocidade média do Veículo: 60 Km / h

#### **Dados Externos:**

- Valor de aquisição do veículo: R\$ 200.000,00
- Vida útil do veículo: 150 meses
- Valor residual do veículo: R\$ 100.000,00
- Preço do óleo: R\$ 3,00 por Litro
- Preço do combustível: R\$ 0,90 por litro
- Preço de cada pneu: R\$ 800,00
- Preço da recapagem por pneu: R\$ 180,00
- IPVA/Seguro Obrigatório: R\$ 1.500,00
- Preço da Lubrificação: R\$ 80,00
- Distância até Recife: 810 Km

### **Custos Logísticos de Transporte Rodoviário**

#### **1) Custos Fixos e Mensais:**

Custo com depreciação (Cdep):

Cdep (Valor de aquisição – Valor residual) / N ° de meses de vida útil do veículo

$$Cdep = (R\$ 200.000,00 - R\$ 100.000,00) / 150 = R\$ 666,67$$

### **Custo mensal do Capital Parado (Ccap):**

$C_{cap} = \text{Valor de Aquisição} \times \text{Taxa de Juros}$

$C_{cap} = R\$ 200.000,00 \times 0,05 = R\$ 10.000,00$

### **Custo mensal com Pessoal (Cpessoal):**

$C_{pessoal} = \text{Salários} + \text{Encargos} + \text{Outros}$

$C_{pessoal} = R\$ 1000,00 / \text{mês} + R\$ 700,00 / \text{mês} = R\$ 1.700,00$

### **Custo mensal com IPVA / Seguro Obrigatório (Cipva/so)**

$C_{ipva/so} = \text{Valor Anual} / 12 \text{ meses}$

$C_{ipva/so} = R\$ 1.500,00 / 12 = R\$ 125,00 / \text{mês}$

### **Custos Administrativos mensais (Cadm):**

$C_{adm} = R\$ 630,45$

**Total de Custo Fixo (CF):**  $CF = C_{dep} + C_{cap} + C_{pessoal} + C_{ipva/so} + C_{adm}$

$CF = R\$ 666,67 + R\$ 10.000,00 + R\$ 1.700,00 + R\$ 125,00 + R\$ 630,45$

$CF = R\$ 13.122,12$

## **2) Calcular os custos variáveis por quilômetro:**

Custo com Combustível (Ccomb):

$C_{comb} = \text{Preço por litro} / \text{Rendimento (Km/ L)}$

$C_{comb} = R\$ 0,90 / 2,53 = R\$ 0,35 / \text{Km}$

Custo com óleo (Cóleo):

$C_{óleo} = (\text{Preço do Litro de óleo (R\$/L)} \times \text{Capacidade do Tanque (L)}) / \text{Intervalo entre as trocas (Km)}$

$C_{óleo} = (R\$ 3,00 \times 40 \text{ litros}) / 10.000 \text{ Km} = R\$ 0,012 / \text{Km}$

Custo com Pneu (Cpneus):

$C_{pneus} = \text{Quantidade de Pneus} \times (\text{Preço de cada pneu} + \text{Quantidade de recapagens} \times \text{Preço de recapagem}) / \text{Vida útil de um pneu recapagem (Km)}$

$$C_{\text{pneus}} = 18 \times (\text{R\$ } 800,00 + 2 \times \text{R\$ } 180,00) / 90.000 \text{ Km} = \text{R\$ } 0,23 / \text{Km}$$

Custo com Manutenção (Cmanu):

$$C_{\text{manu}} = \text{R\$ } 0,20 / \text{Km}$$

Custo com Lavagem / Lubrificação (Clav/lub):

Clav/lub = Preço lavagem e lubrificação / Intervalo (Km)

$$\text{Clav/lub} = \text{R\$ } 80,00 / 1500 = \text{R\$ } 0,05 / \text{Km}$$

**Custos Variáveis (CV) = Ccomb + Cóleo + Cpneus + Cmanu + Clav/lub**

$$\text{CV} = \text{R\$ } 0,35 / \text{Km} + \text{R\$ } 0,012 / \text{Km} + \text{R\$ } 0,23 / \text{Km} + \text{R\$ } 0,20 / \text{Km} + \text{R\$ } 0,05 / \text{Km}$$

$$\text{CV} = \text{R\$ } 0,842 / \text{Km}$$

### 3) Calcular os custos totais de transporte:

Calcular do custo fixo por hora trabalhada:

Em 01 mês, trabalha-se 180 horas.

Se para operar 1 mês a empresa gasta R\$ 13.122,12, para operar 1h a empresa gasta:

$$\text{CF hora} = \text{CF mês} / \text{Horas trabalhadas}$$

$$\text{CF hora} = \text{R\$ } 13.122,12 / 180 \text{ horas} = \text{R\$ } 72,90$$

Calcular o custo fixo por quilômetro rodado:

CF por Km = CF hora / velocidade média veículo em uma hora

$$\text{CF por Km} = \text{R\$ } 72,90 / 60 \text{ Km por hora}$$

$$\text{CF} = \text{R\$ } 1,21 / \text{Km}$$

Calcular o custo total por Km:

$$\text{CT por Km} = \text{CV por Km} + \text{CF por Km}$$

$$\text{CT por Km} = \text{R\$ } 0,842 / \text{Km} + \text{R\$ } 1,21 \text{ Km} = 2,052 \text{ Km}$$

### 4) Calcular os custos da Rota (Crota):

Crota = CT por Km X Distância até Recife (Km)

$$\text{Crota} = \text{R\$ } 2,052 \times 810 = \text{R\$ } 1.662,12$$



## Assimile

O mau planejamento logístico e a tomada de decisões podem resultar em gastos excessivos, prazos de entrega perdidos e bens danificados. É por isso que otimizar a eficiência operacional e reduzir os custos de logística são tão importantes.



## Reflita

Como as empresas devem garantir maior competitividade em relação aos seus concorrentes sem aumentar seus custos operacionais?

## Sem medo de errar

A AC Mineral é uma mineradora de pequeno porte que está operando em Paracatu, Minas Gerais, extraíndo minério de ferro de baixo teor. Ela precisa transportar seu minério de ferro para o porto de Santos/SP, de onde o minério será exportado. Você é o engenheiro de minas da AC Mineral e seus superiores querem saber: qual é o custo que a AC Mineral tem, em cada viagem rodoviária que faz para transportar o ferro para Santos?

Como engenheiro da AC Mineral, você precisa calcular os custos fixos e mensais, os custos variáveis por quilômetro, calcular os custos totais de transporte e calcular os custos da Rota, como demonstrados a seguir:

### 1) Custos Fixos e Mensais:

Custo com depreciação (Cdep):

$Cdep = (\text{Valor de aquisição} - \text{Valor residual}) / N^\circ \text{ de meses de vida útil do veículo}$

$Cdep = (R\$ 200.000,00 - R\$ 120.000,00) / 120 = R\$ 666,67 \text{ por mês}$

### Custo mensal do Capital Parado (Ccap):

$Ccap = \text{Valor de Aquisição} \times \text{Taxa de Juros}$

$Ccap = R\$ 200.000,00 \times 0,03 = R\$ 6.000,00 \text{ por mês}$

### **Custo mensal com Pessoal (Cpessoal):**

Cpessoal = Salários + Encargos

Cpessoal = R\$ 3.000,00 por mês

### **Custo mensal com IPVA / Seguro Obrigatório (Cipva / so)**

Cipva / so = Valor Anual / 12 meses

Cipva / so = R\$ 8.000,00 / 12 = R\$ 666,66 por mês

### **Custos Administrativos mensais (Cadm):**

Cadm = R\$ 1.200,00 por mês

**Total de Custo Fixo (CF):**  $CF = Cdep + Ccap + Cpessoal + Cipva / so + Cadm$

**CF** = R\$ 666,67 + R\$ 6.000,00 + R\$ 3.000,00 + R\$ 666,66 + R\$ 1.200,00

**CF** = R\$ 11.533,33 por mês.

## **2) Calcular os custos variáveis por quilômetro:**

Custo com Combustível (Ccomb):

Ccomb = Preço por litro / Rendimento (Km/ L)

Ccomb = R\$ 3,50 / 4 = R\$ 0,88 por Km

Custo com óleo (Cóleo):

Cóleo = (Preço do Litro de óleo (R\$/L) X Capacidade do Tanque (L)) / Intervalo entre as trocas (Km)

Cóleo = (R\$ 8,00 x 40 litros) / 10.000 Km = R\$ 0,032 por Km

Custo com Pneu (Cpneus):

Cpneus = (Quantidade de Pneus x Preço de cada pneu) / Vida útil de um pneu

Cpneus = (18 x R\$ 1.000,00) / 90.000 Km = R\$ 0,20 por Km

Custo com Manutenção (Cmanu):

Cmanu = R\$ 0,50 por Km

Custo com Lubrificação (Club):

Club = Preço lubrificação / Intervalo (Km)

Club = R\$ 200,00 / 2.000 = R\$ 0,10 por Km

**Custos Variáveis (CV) por Km = Ccomb + Cóleo + Cpneus + Cmanu + Club**

CV = R\$ 0,88 + R\$ 0,032 + R\$ 0,20 + R\$ 0,50 + R\$ 0,10

CV = R\$ 1,712 por Km

### **3) Calcular os custos totais de transporte:**

Calcular do custo fixo por hora trabalhada:

Em 01 mês, trabalha-se 220 horas.

Se para operar 1 mês a empresa gasta R\$ 11.533,33, para operar 1h a empresa gasta:

CF hora = CF mês / Horas trabalhadas

CF hora = R\$ 11.533,33 / 220 horas = R\$ 52,42

Calcular o custo fixo por quilômetro rodado:

CF por Km = CF hora / velocidade média veículo em uma hora

CF por Km = R\$ 52,42 / 65 Km por hora = R\$ 0,81por Km

Calcular o custo total por Km:

CT por Km = CV por Km + CF por Km

CT por Km = R\$ 1,712 + R\$ 0,81 = R\$ 2,522 por Km

### **4) Calcular os custos da Rota (Crota):**

Crota = custo total por km X Distância (até Santos)

Crota= R\$ 2,522 X 953 = R\$ 2.403,47

### Custo de Perfuração da Empresa Az Minerals

#### Descrição da situação-problema

A companhia Az Minerals, atuante há mais de cinco anos no mercado, utiliza uma Crawler – Drill modelo C6XP para execução de seu trabalho de extração de minério de calcário a céu aberto. Essa perfuratriz trabalha 250 dias no ano realizando 9 furos por dia. Suas hastes medem 3 mm com furos de 9 m, com uma taxa de perfuração de 30 metros por hora. Possuindo uma perfuratriz com os seguintes custos horários, de acordo com a Tabela 3.13:

Tabela 3.13 | Custos por hora de uma perfuratriz

Depreciação	R\$ 55,00 por hora
Reparos e serviços	R\$ 30,00 por hora
Haste	R\$ 40,20 por hora
Punho	R\$ 5,73 por hora
Coroas	R\$ 3,21 por hora
Mão de obra	R\$ 27,00 por hora
Combustível	R\$ 32,00 por hora
Lubrificantes	R\$ 9,00 por hora
Juros	R\$ 6,00 por hora

Fonte: adaptada Quaglio (2003, p. 92).

Você atua na empresa como engenheiro de minas e precisa saber os custos de perfuração da empresa Az Minerals por metro, portanto como você fará isso?

#### Resolução da situação-problema

Para determinar os custos de produção por metro, da empresa Az Minerals, você deve somar os custos horários da perfuratriz e dividir pela produtividade da mesma, através da fórmula matemática do custo total de perfuração.

$$\text{Custo} = \frac{R\$55,00 + R\$30,00 + R\$40,20 + R\$5,73 + R\$3,21 + R\$27,00 + R\$32,00 + R\$9,00 + R\$6,00}{30 \text{ metros}} = R\$6,94$$

## Faça valer a pena

**1.** Um custo direto é um preço que pode ser completamente atribuído à produção de bens ou serviços específicos. Alguns custos, como depreciação ou despesas administrativas, são mais difíceis de atribuir a um produto específico.

Sobre esse assunto, leia as assertivas a seguir:

- I. ( ) Os custos diretos podem ser rastreados diretamente para um objeto de custo, como um produto ou um departamento.
- II. ( ) Os custos diretos são tratados como custos do período e não como custos do produto.
- III. ( ) Os custos diretos são mais difíceis de serem alocados para um objeto de custo do que os custos fixos.

Julgue as assertivas I, II e III como verdadeira (V) ou falsa (F) e assinale a única alternativa que apresenta a sequência correta desse julgamento:

- a) V; V; F.
- b) F; F; V.
- c) V; F; F.
- d) F; V; F.
- e) V; F; V.

**2.** A mineradora BHO realiza atividades na lavra por meio de operações em mina a céu aberto e possui como ferramenta principal uma perfuratriz que atua 200 dias do ano, realizando, aproximadamente, 10 furos por dia, com uma taxa de perfuração de 40 metros por hora. Tendo hastes com comprimento de 3 mm e furos de 10 m, os custos por hora da perfuratriz são:

Tabela: Custos por hora de uma perfuratriz

Custo	Valor por hora
Depreciação	R\$ 63,44 por hora
Reparos e serviços	R\$ 40,00 por hora
Haste	R\$ 35,20 por hora
Punho	R\$ 3,73 por hora
Coroas	R\$ 2,23 por hora
Mão de obra	R\$ 22,50 por hora
Combustível	R\$ 36,00 por hora
Lubrificantes	R\$ 8,00 por hora
Juros	R\$ 7,00 por hora

Fonte: Adaptado de Quaglio (2003, p. 92).

Considerando os dados da tabela apresentada, determine o custo total de perfuração por metro:

- a) R\$ 12,01 por metro.
- b) R\$ 5,45 por metro.
- c) R\$ 7,12 por metro.
- d) R\$ 4,00 por metro.
- e) R\$ 2,34 por metro.

**3.** A mineradora Lux realiza desmonte de rochas. Em suas operações, atuando 120 horas mensais, realiza, em média, 50 furos em seus trabalhos, onde os funcionários ganham R\$ 38,62 por hora, e como resultado apresenta 10 toneladas de matéria-prima para transportar em apenas 01 viagem. Considerando o preço do frete de R\$ 200,00 por tonelada, para uma distância de 1.395 Km, os custos relacionados ao desmonte e mão de obra estão na tabela a seguir:

Tabela: Custo Desmonte com Explosivos

FERRAMENTA	UNIDADES DO DESMONTE	PREÇO (R\$)
<b>Acessórios</b>		
Exel HTD de 25 ms	50	8,20
Exel HTD de 42 ms	50	8,20
Exel CA de 250 ms	20	10,20
Exel CA de 275 ms	20	5,20
<b>TOTAL</b>		<b>R\$1.128,00</b>
<b>Explosivo</b>		
BoosterPentex	120	4,29
Mantopim	5	10,00
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 564,80</b>

Fonte: Adaptado de Quaglio (2003, p. 96).

Determine os custos da produção de desmonte da empresa Lux:

- a) R\$ 3.200, 00.
- b) R\$ 5.287, 90.
- c) R\$ 7.200, 32.
- d) R\$ 8.237,20.
- e) R\$ 2.000,00.

# Referências

AMARAL, M. **Substituição de equipamentos**. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA73YAL/engenharia-economica-2>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

ANDRADE, R. de. **Análise econômica para substituição de equipamento em uma empresa de transporte marítimo**. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Tecnologia de São Sebastião. São Sebastião/SP, 2014. Disponível em <[http://www.fatecsaosebastiao.edu.br/downloads/TGs/TG\\_2014\\_Roberto.pdf](http://www.fatecsaosebastiao.edu.br/downloads/TGs/TG_2014_Roberto.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2018.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Materiais e Distribuição Física**. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993.

BENJAMIM, A. H. **Os princípios do estudo de impacto ambiental como limites da discricionariedade administrativa**. v. 317. Rio de Janeiro: Revista Forense, 1992.

BERNARDI, H. A. **Dimensionamento de equipamentos para as operações unitárias de lavra de mina a céu aberto**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas/TO, 2015. Disponível em <[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:F3iNc\\_p713wJ:https://ulbrato.br/bibliotecadigital/uploads/document56e73a213f1a0.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:F3iNc_p713wJ:https://ulbrato.br/bibliotecadigital/uploads/document56e73a213f1a0.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b)>. Acesso em: 17 dez. 2017.

BORNIA, A. C. **Análise gerencial de custos – aplicação em empresas modernas**. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 71-84.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011**. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm)>. Acesso em: 17 dez.

2017.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 22 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

CAPÍTULO 5 – Substituição e reposição de equipamento. Disponível em <<https://>

- edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=1621833>. Acesso em: 06 dez. 2017.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de Investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CONCHA, F. **Fundamentos de las Operaciones Mecánicas**. Departamento de Metalurgia Extrativa, Escuela de Ingeniería, Universidad de Concepción, 1971, cap. 1.
- DEGARMO, E. P.; CANADA, J. R. **Engineering economy**. 5. ed. New York, MacMillan Publishing Co., Inc., 1973.
- DYALUAR, K. Organização e custo de uma mineração. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAEiQkAD/organizacao-custo-mineracao>>. Acesso em: 17 dez. 2017.
- ETAPAS da mineração e recuperação ambiental. Disponível em: <<http://www.crm.rs.gov.br/lista/531/Etapas-da-mineracao-e-recuperacao-ambiental#WcND4MiGPIU>>. Acesso em: 12 nov. 2017.
- FEIL, N. F.; NETO, F. J. K. Produção Conjunta no Processo de Beneficiamento de Carvão Mineral: Custos Conjuntos. **Produto&Produção**, v. 9, n. 2, p. 136–156, 2008.
- FEPAM - Fundação estadual de proteção Ambiental. Tabelas de custos. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/14.asp>>. Acesso em: 17 dez. 2017
- GILBERT, J. M.; PARK, C. F. **The geology of our deposits**. Long Grove: Waveland Press, 2007, 985p.
- GUIA do minerador: regimes de Autorização e Concessão. Disponível em: <[http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia\\_2.htm](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_2.htm)>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- GUPTA, A.; YAN, D. **Mineral processing design and operation**: an introduction. Carine City: Elsevier, 2006. 693 p
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2000.
- HUSTRULID, W. **Blasting Principles for Open Pit Mining**. v. 1. A.A. Rotterdam: Balkema, 1999.
- JIMENO, C. L.; JIMENO, E. L.; FRANCISCO, J. A. & Instituto Geológico y Minero de España. **Drilling and blasting of rock**. Edição revisada e atualizada em inglês. A. A. Balkema, Rotterdam: Brookfield, 1995.
- KOPPE, Jair C.; SALVADORETTI, P.; MUNARETTI, R.; COSTA, João F. C. L. Monitoramento geofísico de desmonte de rocha com utilização de explosivos em condições de risco elevado em zona urbana. **Revista Escola de Minas (REM)**. v. 54, n. 4, Ouro Preto, Oct./Dec. 2001.
- LIMA, W. C. da; SALLES, J. A. A. **Manutenção Preditiva: Caminho para a Excelência e Vantagem Competitiva**. 2006. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/616.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- MESQUITA, J. M. C. **Análise de custos**. Belo Horizonte: FEAD, 2009, 148 p.

- MRDANGOBALANGO. **Custeio por absorção 1**. Disponível em <[www.youtube.com/watch?v=h0BB51ecpRA&t=267s](http://www.youtube.com/watch?v=h0BB51ecpRA&t=267s)>. Acesso em: 12 dez. 2017.
- MUNARETTI, E. **Desenvolvimento e avaliação de desempenho de misturas explosivas à base de nitrato de amônio e óleo combustível**. 2002. 249 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2002.
- NASCIMENTO, S. V. **A importância da substituição de equipamentos**. Disponível em <[http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe\\_artigo/1125](http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1125)>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- O QUE É A PESQUISA MINERAL? Disponível em <<https://tecnicoemineracao.com.br/o-que-e-a-pesquisa-mineral/>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- OLOFSSON, S. O. **Applied explosives technology for construction and mining**. Applex, Arla City (Suécia). (1990). 301p.
- PEREIRA, R. M. **Fundamentos da prospecção mineral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2012.
- PETERS, W. C. **Exploration and mining geology**. 2. ed. New York: John Wiley, 1987.
- QUAGLIO, O. A. **Otimização da perfuração e da segurança nos desmontes de agregados através dos sistemas laser profile e boretrak**. 2003. 152f. Dissertação (Mestrado em lavra de minas) - Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, 2003.
- QUEVEDO, J. M. G.; DIALLO, M.; LUSTOSA, L. J. **Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto**. 2009. 133 f. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. 2009.
- RAJPOT, M. A. **The effect of fragmentation specification on blasting cost**. 2009. 215 f. Tese (Mestrado em engenharia). Queen's University Kingston. Ontario, 2009.
- RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplanagem e escavação de rocha**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2007.
- ROSE, A. W.; HAWKES, H. E.; WEBB, J. S. **Geochemistry in mineral exploration**. 2. ed. London: Academic Press, 1979.
- SAAD, F. Detonação remota sem-fio de explosivos em mineração. Disponível em <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/5715-detonacao-remota-sem-fio-de-explosivos-em-mineracao/>>. Acesso em: 17 jan. 2018.
- SAMPAIO, C. H.; TAVARES, L. M. M. **Beneficiamento Gravimétrico – uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade**. Editora da UFRGS, 2005, 603 p.
- SECCATORE, J.; TOMO, G.; MUNARETTI, R.; DOMPIERI, M. Gestão de fragmentação no desmonte de rochas. **Revista Escola de Minas (REM)**, v. 64, n. 4, 525-530, Ouro Preto, out/dez. 2011.
- SLAVOV, T. N. B. **Gestão estratégica de custos: uma contribuição para construção de sua estrutura conceitual**. 2013. 301 f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, 2013.

SOUZA, A.; CLEMENTE A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001.

SOUZA, A. A. P. de. **Guia para dimensionamento de frotas de carregamento e transporte por caminhões em mineração a céu aberto**. 2014. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em engenharia de minas). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2014.

SOUZA, L. **Como evitar custos elevados nas etapas de pesquisa mineral?** Publicado em 07 de fevereiro de 2017. Disponível em <<https://pt.linkedin.com/pulse/como-evitar-custos-elevados-nas-etapas-de-pesquisa-mineral-souza>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

TÓPICO 6 – Substituição de equipamentos Modo de Compatibilidade. Disponível em <<https://www.passeidireto.com/arquivo/38081891/topico-6---substituicao-de-equipamentos-----modo-de-compatibilidade>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

TORRES, Oswaldo Fadigas Fontes. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

VALADÃO, G. E. S. **Introdução ao tratamento de minérios**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.



# Avaliação do empreendimento no setor mineral

## Convite ao estudo

Iniciaremos aqui nossos estudos em um assunto extremamente importante e atual na mineração: a avaliação do empreendimento no setor mineral.

Qualquer projeto, antes que seja iniciado, precisa passar por um processo de avaliação da sua viabilidade, para que o investidor minimize seus riscos se decidir apostar nesse negócio. Ele precisa ter informações de que todo o seu esforço e aplicação de recursos lhe trarão um retorno maior do que se ele investisse a mesma quantia de dinheiro em uma aplicação bancária, por exemplo.

Essa maneira de pensar também vale para um projeto mineral, que é feito em um ambiente bastante específico, em que as condições são definidas com base no preço das commodities no mercado mundial, que dependem da demanda internacional daquele minério em especial. Assim, para entendermos como fazer uma avaliação de um empreendimento mineral, na Seção 4.1, estudaremos os principais investimentos no setor mineral e formas para a redução dos custos dos projetos minerários; na Seção 4.2, teremos contato com conceitos relacionados à matemática financeira; e na Seção 4.3, concluiremos com as avaliações econômica, técnica, ambiental e legal de projetos minerários. Tudo isso será melhor compreendido com a elaboração do produto dessa unidade que é um extrato de um plano de fechamento de mina. Para entendermos todos esses conceitos, vamos contar com a ajuda de situações enfrentadas pela empresa BVC Minerals. Vamos conhecê-la?

A mineradora multinacional BVC Minerals está em busca de alguns novos projetos para investir no país e está avaliando

todas as áreas disponíveis para requerimento e alguns projetos que grandes empresas de mineração estão negociando por não serem mais de seus interesses. Além disso, ela também está reavaliando os custos de algumas minas que já estão funcionando, pois precisa melhorar a lucratividade delas. Para realizar esse trabalho, a BVC Minerals precisará contar com um engenheiro de minas com grande conhecimento na área de avaliação de empreendimentos, que consiga examinar um projeto de mineração sob vários aspectos: ambiental, legal, técnico e econômico. Com essas atribuições, você foi contratado pela BVC Minerals como engenheiro de minas, e seu desafio será reunir todos os dados disponíveis para fazer análises de viabilidade de projetos minerais existentes ou futuros.

# Seção 4.1

## Principais investimentos no setor mineral

### Diálogo aberto

Nesta seção, entraremos em uma nova fase da disciplina, que demandará uma visão mais global do processo de produção mineral, em que teremos uma boa noção das etapas de produção e os custos envolvidos em cada uma delas, conforme visto na seção anterior.

Para contextualizarmos essa Seção 4.1, imagine que você trabalhava em duas empresas, mas foi demitido de uma delas. Certamente, sua remuneração mensal irá cair e você precisará cortar gastos para continuar pagando suas contas em dia? Isso também pode acontecer com qualquer empresa, inclusive aquelas que atuam no setor mineral. A mineração é uma atividade bastante afetada pelo preço das commodities minerais, que, se reduzidos, afetam as entradas de recursos financeiros no caixa dessas organizações. Nessa situação de diminuição das receitas, uma das possibilidades de ação para uma mineradora continuar lucrativa é a redução de custos. É exatamente esta a situação da BVC Minerals.

A empresa está passando por uma fase de crise nos últimos meses devido a uma redução do preço do minério de cobre no mercado mundial e baixa demanda por seus produtos, e precisa rever seus processos produtivos para manter a empresa em funcionamento, garantindo o emprego de milhares de funcionários. Por isso, a empresa conta com a ajuda dos seus engenheiros para apresentarem projetos de redução de gastos na fase de mina e precisa do seu apoio nessa tarefa, já que você é um desses profissionais que trabalha na BVC Minerals. Assim, dentro da etapa de lavra (operação de mina), quais são as principais soluções que podem ser apresentadas para que a empresa seja bem-sucedida na redução de gastos nesta fase?

Para responder a esse questionamento, você precisará aprender sobre os principais projetos de redução de custos na etapa de lavra.

## Não pode faltar

Em seções anteriores, estudamos que a pesquisa em um projeto de mineração faz parte de um processo de descoberta e estudo do corpo mineral, sendo uma etapa extremamente importante para analisar a viabilidade técnica e econômica do recurso. É por meio dessa pesquisa que serão identificados os corpos mineralizados com maiores chances de comercialização, e descartados os outros que não possuem potencial econômico ou que sejam inviáveis tecnicamente, seja pela sua profundidade ou pela falta de tecnologia necessária para extrair determinada substância. Por isso, os investimentos nessa etapa da atividade mineral são extremamente importantes. Mas, de que forma esses investimentos podem ser feitos?

De duas formas: por meio do governo ou pelo investimento privado, em que as empresas cumprem uma etapa obrigatória para obter a portaria de lavra (conforme vimos em aulas anteriores, as pesquisas são realizadas ainda na fase inicial da atividade minerária, e só podem ser feitas com o alvará de pesquisa para estudar a geologia da região de interesse).

O investimento em pesquisa mineral feito pelo governo brasileiro é muito maior no setor de petróleo e gás do que nas outras substâncias minerais, provavelmente por ser mais estratégico para o país e que demanda valores financeiros mais altos, se comparados às pesquisas tradicionais que são feitas em corpos mineralizados. No setor de óleo e gás, por exemplo, as perfurações são muito mais profundas e, por isso, exigem investimentos públicos ou privados em uma ordem de grandeza muito alta. Comparado a outros países como Chile, Canadá e Austrália, o governo brasileiro investe muito pouco em pesquisa mineral, pois o investimento nesta etapa da mineração é considerado de longo prazo e não faz parte da nossa cultura o investimento público em projetos que demoram a trazer um retorno para a sociedade.



### Pesquise mais

Para você ter uma noção da magnitude dos investimentos feitos em blocos do pré-sal, pesquise mais em:

Investimentos em blocos concedidos do pré-sal chegam a US\$ 120 bi. Publicado em 06 out. 2016. Disponível em <<https://oglobo.globo.com/economia/petroleo-e-energia/investimentos-em-blocos-concedidos-do-pre-sal-chegam-us-120-bi-20245565>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

Ao realizar uma análise de investimento para uma pesquisa mineral, o investidor precisa avaliar: o potencial geológico da região em relação à substância de interesse; os requisitos legais e seus custos e prazos associados; a condição de infraestrutura para realização da pesquisa; e os investimentos necessários para a realização correta da pesquisa, de acordo com as características geológicas do depósito a ser estudado. No entanto, esses não são os únicos investimentos que precisam ser feitos em um projeto mineral, de acordo com os dados apresentados no Quadro 4.1:

Quadro 4.1 | Investimentos realizados nas 200 maiores minas brasileiras em 2017

<b>Números consolidados de investimentos - 200 Maiores Minas Brasileiras (2017)</b> <small>Consolidated Investment in 2017 - 200 Largest Mines in Brazil</small>		
	<b>NÚMERO DE MINAS</b> <small>Number of mines</small>	<b>VALOR</b> <small>value</small>
<b>Investimento total 2018</b> <small>Total investment</small>	<b>34</b>	<b>R\$ 1.328.160.103</b>
<b>Investimento total 2017</b> <small>Total investment</small>	<b>42</b>	<b>R\$ 561.761.060</b>
<b>Investimento total 2016</b> <small>Total investment</small>	<b>39</b>	<b>R\$ 968.527.249</b>
<b>Exploração geológica</b> <small>Geological exploration</small>	<b>9</b>	<b>R\$ 80.251.297</b>
<b>Preservação ambiental</b> <small>Environment programs</small>	<b>14</b>	<b>R\$ 30.778.725</b>
<b>Programas de segurança</b> <small>Safety</small>	<b>10</b>	<b>R\$ 18.177.498</b>
<b>Manutenção da frota móvel</b> <small>Mining equipment maintenance</small>	<b>11</b>	<b>R\$ 154.809.009</b>
<b>Manutenção da planta de processo</b> <small>Industrial plant maintenance</small>	<b>11</b>	<b>R\$ 237.599.139</b>

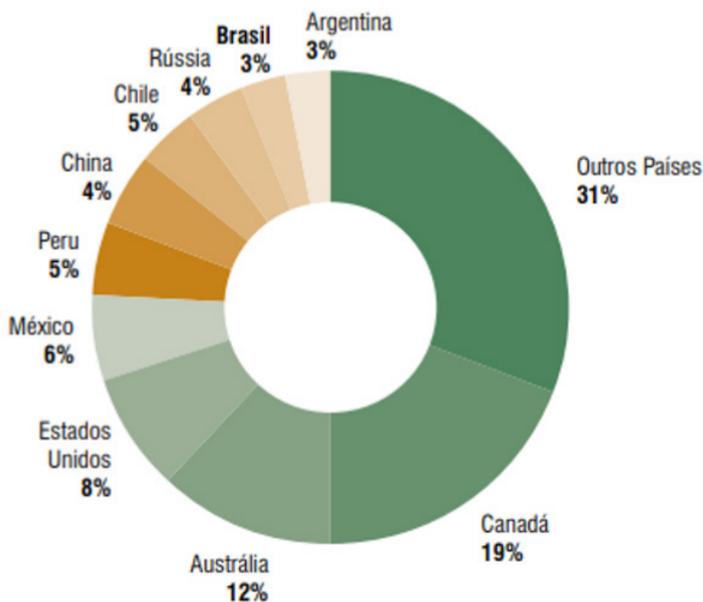
Fonte: 200 Maiores (2017, p. 12).

Sobre os investimentos no setor mineral, é interessante a discussão um assunto bastante polêmico: a Renca (Reserva Nacional de Cobre e seus Associados). A Renca, situada entre os Estados do Pará e Amapá, foi criada durante o governo militar no intuito de preservar uma área da região amazônica, rica em diversas substâncias minerais (além do cobre), para pesquisa e futura extração mineral. A ideia era preservar a área, limitando a pesquisa e a extração minerais para empresas estatais, como a Companhia Vale do Rio Doce, na época uma mineradora do governo. Os anos passaram, os estudos e pesquisas geológicas na região não prosperaram, as empresas estatais do setor minerador

e siderúrgico foram privatizadas e o objetivo maior do governo nesta região perdeu sentido. Recentemente, o governo de Michel Temer publicou um decreto extinguindo a Renca (nº 9147), liberando a região para investimentos em pesquisa mineral pelo setor privado. Logo em seguida, foi publicado outro decreto pelo governo (nº 9159) que revogou a extinção da Renca. Ou seja, a área vem trazendo diversas posições favoráveis e contrárias a ela, que envolvem questões políticas e ambientais.

Voltando aos investimentos minerais, vamos falar um pouco sobre os da iniciativa privada no setor. Com o Gráfico 4.1, podemos perceber que o Brasil, apesar de possuir um papel mundial importante na riqueza e diversidade minerais, ainda atrai investimentos privados aquém dos que são feitos em muitos outros países (na área de pesquisa mineral), que possuem até uma produção mineral muito menor do que a brasileira, como Chile e Peru.

Gráfico 4.1 | Os 10 países que recebem mais investimentos em pesquisa mineral



Fonte: IBRAM (2012 apud MONTEIRO, [s.d.], p. 9).

O órgão responsável pelo desenvolvimento da pesquisa mineral no Brasil pelo governo é o CPRM (Companhia de Pesquisa de

Recursos Minerais), vinculado ao Ministério de Minas e Energia, que possui como objetivo realizar os serviços geológicos do país. Dentre os trabalhos realizados por este órgão, estão o levantamento geológico básico de dados geofísicos e geoquímicos, além da produção de cartas geomorfológicas, que são extremamente importantes para melhorar e aumentar o número de informações geológicas para as empresas que desejam investir no setor.

Os investimentos no setor de pesquisa geológica são extremamente importantes para o crescimento e o desenvolvimento do país, pois, a partir deles, podemos comprovar e estimar as reservas naturais e, conseqüentemente, atrair investimentos nacionais e estrangeiros, possibilitando o crescimento e desenvolvimento da região. Este setor é tão fundamental para o desenvolvimento que os dados geológicos que são levantados beneficiam não somente o setor mineral, mas também a construção civil, com a necessidade de túneis e barragens.

Podemos citar muitas vantagens trazidas para toda a economia quando ocorrem investimentos na pesquisa mineral: atração de novos investimentos nas áreas onde ocorrem as pesquisas como atratividade de capital estrangeiro para a abertura de novas minas, investimento em infraestrutura local (beneficiando os moradores da região), melhoria no comércio e na rede de serviços (beneficiários do aumento do número de trabalhadores locais e de outras localidades que estejam no local a trabalho), aumento da arrecadação de impostos como TAH (Taxa Anual por Hectare) e, após a instalação da mina e o início da produção minerária, ampliação do recolhimento de vários outros tributos, como o CFEM (Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais).

Assim, depois de tudo o que foi colocado, a atividade de pesquisa mineral precisa ser vista como uma atividade estratégica pelo governo e pela sociedade, pois, se for feita com seriedade e zelo, pode ser considerada o início de muitos investimentos essenciais em regiões carentes de infraestrutura, serviços sociais, educação e saúde, mas que dispõem de grandes recursos minerais.

Conforme o Quadro 4.1, os investimentos feitos no setor mineral são sempre vultuosos, o que faz as empresas do setor estarem constantemente buscando reduzir os seus gastos. Assim, para manter a produção em um cenário de preços baixos de commodities, é necessário que as mineradoras realizem um aprimoramento em

seus projetos de redução de custos nos processos de fabricação, que inicia na fase de pesquisa mineral e termina na fase de transporte dos produtos até o cliente final. Desta forma, as empresas precisam aprimorar as pesquisas geológicas para obter um maior conhecimento do corpo geológico e aumentar a assertividade na fase de lavra (operação de mina), realizar projetos de pesquisa para estudo detalhado das substâncias minerais existentes no depósito a ser lavrado e estudar o seu aproveitamento após a geração de rejeitos, em diversos seguimentos, reduzindo a produção de passivos ambientais e aumentando os ativos para a companhia.

O primeiro passo para reduzir custos em qualquer segmento é identificar qual etapa do processo produtivo onera mais o preço final do produto. A partir disso, é necessário constatar, dentro desta etapa, qual componente do processo possui uma oportunidade de melhoria. O próximo passo será estudar como são realizados os trabalhos e entender como funciona cada detalhe desta etapa. A partir disso, partimos para a utilização das ferramentas disponíveis no mercado para otimização do processo e redução de custos, que utilizam estatísticas, tecnologias, princípios de otimização, gestão e planejamento do processo. Levantar o custo inicial necessário para melhorar o processo e o prazo de retorno para reduzir os gastos é fundamental neste trabalho, que inclui o estudo de viabilidade técnica e econômica do projeto de melhoria a ser implantado.

As reduções de custo em um projeto mineral podem passar por um investimento inicial ou não, dependendo dos detalhes dos projetos de redução. Caso seja necessária uma troca de equipamento por um mais moderno ou uma tecnologia mais avançada, provavelmente terá que ser avaliado o custo de implantação deste projeto.



### Assimile

Quais são as etapas a serem cumpridas em uma empresa para redução de custos? O primeiro passo é identificar qual área mais onera o custo final dos produtos. Em segundo lugar, é necessária a realização de um estudo para identificar os custos que poderiam ser reduzidos naquelas áreas levantadas. E, por último, utilizar ferramentas de gestão e suas aplicações para reduzir os custos. Tudo isso, aliado a uma boa gestão e bons estudos de engenharia, precisa ser levado em consideração para a implantação de um projeto de redução de custos.

Na indústria mineral, existem diversos projetos que visam a redução de custos. Na etapa de lavra (operação de mina), a maioria deles está voltado para a diminuição da Distância Média de Transporte (DMT), que é considerado um dos indicadores mais importantes a ser analisado para atingir o objetivo de manter as operações economicamente viáveis, o que, conseqüentemente, ocasiona a redução nos gastos com pneu, óleo diesel e equipamentos mecânicos.

Além disso, dentre estas soluções para redução de custos na etapa de lavra, muitas empresas se voltam para o uso de tecnologias para o auxílio das operações, como os *softwares* que podem ser utilizados em sistemas de despacho para controle da frota de equipamentos, otimização da produção e redução de filas nas frentes de lavra. O uso destes softwares já é uma realidade nas maiores minas do mundo e, apesar de demandarem um alto investimento inicial, melhoram uma etapa fundamental para a redução de gastos na fase de lavra (operação de mina).

O uso de *drones* para levantamentos aerofotogramétricos das regiões da mina também aparece como uma realidade nas grandes e médias mineradoras. Sobre esse assunto, vários avanços estão sendo realizados para aumentar a rapidez da realização dos trabalhos e garantir a segurança dos funcionários, visto que a utilização desta tecnologia também diminui a exposição dos funcionários aos riscos inerentes ao processo de extração mineral. E, quanto menos funcionários precisam ser afastados por acidentes ocorridos no ambiente de trabalho das minas, menores serão os seus custos.

A tecnologia também pode ser usada em outras fases da atividade mineral para reduzir custos. Na fase de pesquisa mineral, por exemplo, a utilização de softwares auxilia o geólogo a identificar os alvos, de forma mais assertiva, com a geração de modelos de blocos e criação de estruturas geológicas em 3D. Já na etapa de beneficiamento, vários são os projetos de equipamentos de usina que melhoram a performance do processo e reduzem os gastos com manutenção, sempre visando melhorar a qualidade do material e reduzir o tempo de produção. Nesta fase, podemos citar também os investimentos realizados nos laboratórios de caracterização mineral, onde o técnico (ou engenheiro) terá mais ferramentas disponíveis para melhorar a assertividade dos resultados de qualidade do minério, alcançando, assim, a redução de gastos desnecessários.

A correta recuperação de áreas degradadas pela mineração também é um fator importante para analisar a redução de custos. Além de evitar multas e onerar o processo, o cumprimento da legislação permite que novas licenças ambientais sejam aprovadas e não atrapalhem o planejamento das operações mineiras. Além disso, uma área já exaurida em uma cava pode ser utilizada para disposição de estéril da própria mina, permitindo a recuperação da área e reduzindo a utilização de novas áreas para esse fim. Esta solução ainda permite, na maioria dos casos, uma redução de Distância Média de Transporte, pois o estéril que está sendo extraído será disposto na própria mina, ocasionando uma redução de gastos considerável na mineração.

Na fase de beneficiamento mineral, também existem diversos procedimentos que podem ser realizados para uma diminuição de custos na empresa mineradora. A automação na mineração já é uma realidade vista em praticamente toda usina de beneficiamento, nos projetos de mineração de médio e grande portes. É comum encontrarmos tecnologias nas plantas para controle de processos por meio do monitoramento, em tempo real, das atividades realizadas na usina, controle da manutenção para reduzir o tempo de espera para a realização da troca de peças de desgaste e, conseqüentemente, reduzir os custos nesta etapa tão importante para a produção mineral.

A instrumentação em uma planta de processamento mineral precisa focar, basicamente, na medição dos processos para uma melhor assertividade no controle granulométrico, manutenções preventivas e manutenções preditivas conforme planejado, medição do consumo energético na etapa de cominuição (como a britagem e a moagem), a utilização de água, o controle dos reagentes utilizados nos processos de concentração mineral, como a flotação, dentre outros.

Os gastos com o beneficiamento mineral podem ser reduzidos em todo o processo, mas ocorrem nas etapas de cominuição (moinhos e britadores), principalmente, em que o consumo energético é muito expressivo, e no dispêndio financeiro com reagentes utilizados, como ocorre na etapa de flotação, por exemplo. Além disso, peças de desgaste em uma usina são itens de substituição constantes e, alongar o tempo de vida destas peças (como correias transportadoras), naturalmente reduz o gasto geral desta etapa.



Para ter informações complementares de como são realizados os cálculos para a recuperação de áreas degradadas, pesquise mais em:

RODRIGUES, Nikolas Gebrim; ALMEIDA, Alexandre Nascimento de. **Custo para recuperar uma área degradada**: um projeto para a cascalheira do Parque Sucupira. Disponível em <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14342/1/2016\\_NikolasGebrimRodrigues\\_tcc.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14342/1/2016_NikolasGebrimRodrigues_tcc.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2018.

Para acompanhar um exemplo de projeto de beneficiamento, pesquise mais em:

BERGERMAN, Maurício. **Estudo de variabilidade e otimização do circuito de moagem SAG da Usina do Sossego**. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672009000100013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672009000100013)>. Acesso em: 18 jan. 2018.

Os avanços tecnológicos na etapa de beneficiamento para a redução de custos também passam pelos projetos existentes para diminuição da dependência das barragens, com novas formas de disposição de rejeitos.

Vale destacar que estas ferramentas, aliadas a uma equipe qualificada de supervisão da produção e manutenção, são fundamentais para garantir a produtividade e a redução de custos na usina. Ou seja, outro fator importantíssimo para redução de custos nas empresas de mineração passa pelo aprimoramento e treinamento contínuo dos funcionários para promover a utilização correta dos equipamentos e reduzir o desgaste por mau uso. Isso pode ser feito, por exemplo, com o uso de simuladores que imitam as operações rotineiras que ocorrem na mina, nas ferrovias e nos portos, o que aumenta a segurança das operações nestes equipamentos, algo similar ao que acontece no setor aéreo e permite a análise de viabilidade de vários projetos como, por exemplo, os modelos de simulação de filas. Ou seja, a realidade virtual já chegou também na mineração e, com isso, pretende melhorar a qualidade do processo (e, conseqüentemente, reduzir custos).

Figura 4.2 | Treinamentos com a utilização de simuladores para aprimorar as operações na mina



Fonte: <<http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/news/PublishingImages/04-supervideogames.jpg>>. Acesso em: 7 jan. 2018.

Ferramentas de gestão como o PDCA (*Plan – Do – Check – Act*, ou Planejar, Fazer, Checar, Agir, em tradução livre), muito utilizado para controle e melhoria dos processos em mineradoras, permitem que a equipe gerencial da usina controle, da melhor forma, os processos e as pessoas. Com essas ferramentas, é possível descobrir a causa raiz dos problemas e acionar os responsáveis para solucioná-los, em tempo suficiente para que a perda no processo seja mínima, garantindo a viabilidade da usina e do processo. Para isso, a empresa deverá contar com uma equipe de técnicos e engenheiros bem treinados para identificarem os problemas e utilizarem as ferramentas corretamente.

Focando nos custos envolvidos na etapa de beneficiamento, eles podem ser reduzidos de várias formas e uma delas é com o aumento da produtividade dos equipamentos instalados na usina. Com a crise financeira pela qual passa o setor de mineração, as empresas buscam, como forma de sobrevivência, o aumento de produtividade e a redução de custo, variáveis possíveis de serem controladas por elas, já que fatores econômicos internos e externos que alteram o valor da commodity (e as descobertas

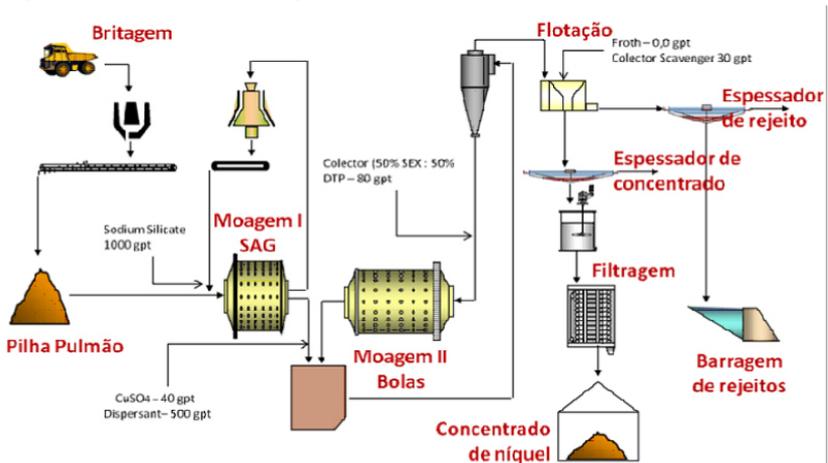
geológicas no depósito mineral em estudo) não podem ser alterados pelo minerador.

Ao se analisar um custo de produção por tonelada, utiliza-se a seguinte razão:

$$\text{Custo de produção por tonelada} = \frac{\text{Gastos (US\$)}}{\text{Produção (Tonelada)}}$$

Assim, esta equação nos mostra quantos dólares são gastos para produzir uma tonelada de minério. Quando conseguimos aumentar a produção de um determinado equipamento e manter o mesmo gasto, conseguimos, conseqüentemente, reduzir o custo de produção, pois são relações inversamente proporcionais. Uma das formas de se aumentar essa produtividade de um equipamento é conhecer bem o fluxograma da usina para verificar a possibilidade de melhoria no processo produtivo. A mudança, substituição ou a retirada de algum equipamento que não esteja com a melhor performance para aquela etapa, pode possibilitar um melhor fluxo do minério e, conseqüentemente, uma maior produtividade dos equipamentos.

Figura 4.3 | Exemplo de fluxograma de usina de beneficiamento mineral



Fonte: <<http://www.mirabelamineracao.com/Pagina.aspx?pagina=operacoes>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

Agora que já vimos projetos que permitem a redução de custos em algumas etapas da atividade mineral, vamos estudar mais sobre os investimentos logísticos que ajudam a viabilizar um empreendimento minerário.

A logística é considerada uma das partes mais importantes do empreendimento minerário, pois, como já foi dito em aulas anteriores, a mineração possui como característica única ser uma atividade em que possui uma rigidez locacional muito grande. Isto é, um depósito mineral não pode ser escolhido aleatoriamente, e sua localização é definida de acordo com as características geológicas de determinada região, além de não se poder montar a estrutura de uma mineradora longe do depósito mineral de interesse. Isso torna a localização e a logística disponível, como fatores decisivos na avaliação técnica e econômica de um depósito mineral.

A partir disso, a escolha correta da melhor forma para o escoamento dos produtos e para o recebimento de matérias-primas é um fator essencial para qualquer atividade minerária ser bem-sucedida.

Na mineração é possível estruturar o transporte de produtos e matérias-primas de várias formas, seja por vias ferroviárias, rodoviárias e/ou transporte aquaviário. Grandes distâncias de transporte ocasionam, geralmente, custos elevados que refletem no preço final do produto.

Como desafio, as empresas buscam reduzir o custo deste transporte por meio de bons projetos de engenharia, que visam impactar o mínimo possível no custo final do produto. Em mineradoras de agregados e rochas industriais, como produtoras de areias, britas e rochas para a construção civil, por exemplo, é possível perceber que a distância da jazida até o mercado consumidor é um item fundamental a ser avaliado na viabilidade do empreendimento, já que o valor de venda desses minérios é mais baixo. Já empresas que produzem minerais metálicos com alto valor agregado, como ouro, prata e outros, não se preocupam tanto com a logística para o escoamento dos produtos finais, já que contam com um valor alto de venda e que, normalmente, é capaz de cobrir os custos de logística até o mercado consumidor.

Vários recursos de engenharia são utilizados para melhorar a performance dos equipamentos de transporte como parte da etapa

de operação de mina, no intuito de otimizar este processo, reduzir o tempo de espera/deslocamento e, conseqüentemente, diminuir os custos de produção. Dessa forma, para melhorar a eficiência logística de uma mineradora é necessário: reduzir o tempo de espera dos equipamentos no local de carga e descarga do minério; e diminuir a distância de transporte entre um ponto e outro da mina (ou da mina até o centro consumidor, ou o porto de embarque deste minério). Como exemplo desse esforço, podemos citar os investimentos em estudos na área de Pesquisa Operacional, que possibilitam a otimização da frota através de métodos científicos, auxiliando o técnico ou engenheiro na tomada de decisão do melhor caminho a percorrer pelos equipamentos.

Mas, quais são os principais modais existentes para o transporte de minérios? Podemos citar que o transporte por caminhões para pequenas distâncias tem uma utilização enorme quando comparado aos outros meios de transporte. Depois, podemos citar as TCLDs (Transporte por Correias de Longas Distâncias), nas quais o minério é transportado por correias transportadoras e não permitem muita flexibilidade de trajeto, assim como acontece com os deslocamentos realizados por trens com vagões. Por último, menos utilizado, mas não menos importante, o transporte hidroviário é usado em situações bem específicas em regiões nas quais há um baixo investimento em transportes rodoviários e menor ainda em estruturas para a utilização do transporte ferroviários, como pontes e viadutos. O transporte hidroviário é um meio muito utilizado nas mineradoras da Região Norte do país, onde temos pouquíssimos recursos rodoviários e ferroviários e uma grande quantidade de rios para a utilização deste modal. Além disso, na maioria das exportações de bens minerais, o meio de transporte mais utilizado é o marítimo, com grandes investimentos em supernavios minereiros que possuem capacidade para transportar até 400 mil toneladas de minério.

Um profissional da área da mineração, precisa estudar e conhecer os modais existentes e estar sempre atento às novas tecnologias nesta área, com o objetivo de reduzir os custos dos projetos já existentes e utilizar todos os recursos técnicos para viabilizar novos projetos de mineração, que dependerão muito da logística utilizada para transporte do minério até o centro consumidor.



## Refleta

A infraestrutura de transporte brasileira é ainda muito precária quando a comparamos com a existente em diversos outros países. De que maneira os problemas da nossa infraestrutura de transportes, impacta nos custos da atividade mineral do Brasil?



## Exemplificando

Como exemplo de projeto de redução de custos, podemos citar o Projeto S11D Eliezer Batista, da empresa Vale. Este projeto é considerado o maior projeto de mineração do mundo, que possui investimentos de bilhões de dólares, com uma grande área preservada de 1 mil hectares de florestas (1 hectare = 10.000 m<sup>2</sup>), e minério com teor de ferro de 66,7%. Neste projeto, é utilizado um processo inovador na mineração, que é a lavra utilizando o sistema "truckless", ou seja, transporte do minério da mina até a usina sem caminhões e com o uso de correias transportadoras de longa distância (TCLD) e sistema de britagem móvel. Segundo a empresa, este sistema permite redução de 70% no consumo de combustível.



## Pesquise mais

Caro aluno, é possível acompanhar o que está sendo feito em relação aos investimentos em redução de custos na etapa de mina e na etapa de usina nas reportagens e eventos realizados pela revista Minérios & Minerales. Todas as informações, conteúdos, edição do mês e edições passadas, podem ser acompanhadas no endereço da revista: <<http://revistaminerios.com.br>> (acesso em: 2 fev. 2018).

## Sem medo de errar

Vamos retomar a situação da BVC Minerals que precisava descobrir soluções para reduzir seus gastos na fase de lavra (operação de mina)?

Você, como engenheiro de minas da BVC Minerals, deve visualizar que a maioria dos projetos para reduzir custos na etapa de lavra está voltado para a diminuição da Distância Média de Transporte

(DMT), que é considerado um dos indicadores mais importantes a ser analisado para atingir o objetivo de manter as operações economicamente viáveis, o que, conseqüentemente, ocasiona a redução nos gastos com pneu, óleo diesel e equipamentos mecânicos. Além disso, dentre as soluções para redução de custos na etapa de lavra, muitas empresas se voltam para o uso de tecnologias para o auxílio das operações, como os softwares que podem ser aplicados em sistemas de despacho para controle da frota de equipamentos, otimização da produção e redução de filas nas frentes de lavra. O uso destes softwares já é uma realidade nas maiores minas do mundo e, apesar de demandarem um alto investimento inicial, trazem bons resultados na redução de custos na fase de lavra ou operação de mina.

O uso de drones para levantamentos aerofotogramétricos das regiões da mina também aparece como uma realidade nas grandes e médias mineradoras. Vários trabalhos estão sendo realizados para aumentar a rapidez da realização dos trabalhos e garantir a segurança dos funcionários, visto que a utilização desta tecnologia também diminui a exposição dos funcionários aos riscos inerentes ao processo de extração mineral, e quanto menos funcionários precisam ser afastados por acidentes ocorridos no ambiente de trabalho das minas, menores serão os seus custos.

## Avançando na prática

### Redução de gastos – Fase usina

#### Descrição da situação-problema

A empresa KTS Mineração possui atividades de produção de fosfato no Estado de Minas Gerais e precisa contratar uma consultoria para reduzir o custo na fase de beneficiamento mineral. Suas operações são antigas e precisam ser revistas por um profissional com formação em Engenharia de Minas. Diante disso, você foi contratado para realizar um estudo de redução de custos. O que você pode aconselhar para que a KTS Mineração consiga reduzir seus custos na etapa de beneficiamento mineral?

## Resolução da situação-problema

Você tem que dizer para a empresa KTS Mineração que, depois de identificada a etapa do processo mineral que terá um projeto de redução de custo, ela precisa constatar, dentro desta, qual componente do processo apresenta uma oportunidade de melhoria. O próximo passo será estudar como são realizados os trabalhos e entender como funciona cada detalhe desta etapa. A partir disso, partimos para a utilização das ferramentas disponíveis no mercado para otimização do processo e redução de custos, que utilizam estatísticas, tecnologias, princípios de otimização, gestão e planejamento. Levantar o custo inicial necessário para melhorar o processo e o prazo de retorno para reduzir os gastos, é fundamental neste trabalho, que inclui o estudo de viabilidade técnica e econômica do projeto de melhoria a ser implantado.

No caso específico da KTS Mineração, ela já definiu que os custos serão reduzidos na etapa de beneficiamento mineral. Assim, ela pode, por exemplo, focar seus esforços de redução de custos no processo de cominuição da rocha, já que nele o consumo de energia elétrica é excessivo e impacta diretamente no custo final do produto. Se possível, essa redução de custos deve ser realizada na primeira etapa de fragmentação do material em uma mineradora, a fase de desmonte das rochas, muitas vezes realizados com o uso de explosivos, que também possui um custo elevado no processo.

A partir da definição da etapa a ser estudada, será necessário estudar como é realizado a britagem e a moagem nesta usina e estudar se os equipamentos existentes estão corretamente dimensionados, de acordo com a produção planejada da empresa e as características da rocha do depósito mineral. Com este estudo realizado, parte-se para a decisão se será necessária a troca dos equipamentos ou a correção de algum que não esteja funcionando de modo adequado, já que qualquer desvio nesta etapa é crucial para o aumento de gastos e redução de produtividade, pelos motivos já citados. Ajustes no fluxograma de trabalho na etapa de beneficiamento mineral trazem a possibilidade de melhoria no processo produtivo, o que contribuiria para a redução de gastos na KTS Mineração.

É importante que, após a realização dos ajustes para a melhoria dos processos produtivos na etapa de beneficiamento mineral, seja

implementado na empresa o controle de qualidade dos processos e dos produtos, baseado em alguma ferramenta de gestão que tenha uma comprovação de eficiência para solução de problemas nos processos, como, por exemplo, o Ciclo PDCA e a melhoria contínua.

## Faça valer a pena

**1.** Em um projeto de mineração, um dos itens mais importantes a ser avaliado na análise de viabilidade do empreendimento é a distância de transporte para receber as matérias-primas e principalmente, para escoar os produtos que são produzidos pela mina.

Considerando que o valor agregado do bem mineral influencia diretamente na importância da localização do empreendimento e das distâncias a serem percorridas para o escoamento dos produtos, quais das substâncias minerais listadas a seguir possuem uma forte dependência com a distância da mina ao centro consumidor? Aponte uma única alternativa.

- a) Rochas fosfáticas.
- b) Gemas.
- c) Minerais não-metálicos.
- d) Minerais metálicos.
- e) Agregados e rochas industriais.

**2.** Na indústria mineral, existem diversos projetos que visam a redução de custos na etapa de lavra. Eles agregam valor à produção mineral e, se feitos da maneira correta, podem evitar o fechamento das atividades de uma mineradora em épocas de preços das commodities com grande variabilidade e incertezas.

Em relação aos projetos de redução de custos na etapa de lavra, ele é considerado como um dos indicadores mais importantes a ser analisado para atingir o objetivo de manter as operações economicamente viáveis. Que indicador é esse?

- a) HR – Horas realizadas.
- b) DMT – Distância Média de Transporte.
- c) IDF – Índice de Disponibilidade Física.
- d) IU – Índice de Utilização.
- e) GMC – Gasto médio com combustíveis.

**3.** Na fase de beneficiamento mineral existem diversos procedimentos que podem ser realizados para uma diminuição de custos na empresa mineradora. A automação na mineração é uma realidade que é vista em praticamente toda usina de beneficiamento, nos projetos de mineração de médio e grande porte.

Dentro do estágio de beneficiamento, em qual etapa acontece um alto gasto com energia elétrica?

- a) Reaproveitamento de rejeitos.
- b) Cominuição (britagem e moagem).
- c) Diluição.
- d) Amostragem.
- e) Concentração.

## Seção 4.2

### Conceitos de economia e matemática financeira

#### Diálogo aberto

Imagine uma situação em que você está em dúvida se deve usar o dinheiro, que guardou durante vários anos, na aquisição de um apartamento (parando de pagar aluguel), ou aplicando-o em algum investimento financeiro para receber os juros dessa aplicação para pagar o aluguel (mantendo o recurso guardado para alguma outra emergência).

Bem, essas dúvidas estão presentes a todo momento na vida dos empresários, e eles recorrem à matemática financeira para decidirem qual é a melhor forma de utilizar o dinheiro que possuem. Esse será o assunto desta Seção 4.2. Vamos voltar a uma situação enfrentada pela BVC Minerals.

A BVC Minerals, no momento, está com uma enorme demanda para realizar avaliações técnicas e econômicas em minas na Região Norte do país e você foi contratado para auxiliá-la nesse trabalho. Diante do cenário de austeridade no setor minerário, a empresa passa por um momento de crise nos últimos meses e procurou investidores para a abertura de uma nova mina de cobre na cidade de Parauapebas, no Estado do Pará. Alguns investidores ficaram interessados no projeto, mas querem saber se o mesmo será mais viável do que a aplicação do dinheiro no mercado financeiro.

Para realizar a avaliação econômica desse empreendimento minerário em Parauapebas, você, como engenheiro responsável pela área econômica da empresa, precisará realizar cálculos de alguns indicadores estratégicos como o VPL (Valor Presente Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Retorno) de um projeto de mineração com duração total de 10 anos, com base nos dados apresentados no Quadro 4.2, sabendo que o custo do capital é de 10% ao ano:

## Quadro 4.2 | Fluxo de caixa previsto para a mina de Parauapebas

Tempo (Ano)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valores US\$ (x1000)	-25000	2000	3000	3500	5500	6000	7000	8000	7000	5000

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos cálculos feitos, será que os investidores vão ficar interessados na abertura dessa mina de cobre em Parauapebas?

### Não pode faltar

Neste momento do curso precisaremos aprender noções básicas da matemática financeira e da economia para realizarmos a avaliação dos projetos de mineração. Todos os projetos precisam ser avaliados com muito critério, pois sofrem influência direta dos mercados externo (devido à demanda de minério e a oferta de outras empresas mineradoras que afetam o preço) e interno, sem contar com a incerteza geológica, à qual todo projeto nesta área está sujeito. O que podemos fazer como engenheiros, é utilizar todas as ferramentas possíveis, para calcular e reduzir todo risco, e comparar se o projeto será pago por sua eficiência ou é preferível realizar o investimento em um ativo mais seguro, como, por exemplo, uma aplicação financeira.

A análise econômico-financeira de um projeto tem o objetivo de verificar se o projeto atende às exigências de lucratividade dos *sponsors* (investidores internos ou externos), para que eles decidam se investem ou não nesse. Este tipo de análise estuda diferentes tipos de investimento para certificar se o projeto tem a capacidade de pagar possíveis empréstimos utilizados, bem como mede se o projeto será rentável. O que passa na cabeça do investidor é o seguinte: se ele possui, por exemplo, um milhão de reais para fazer um novo projeto, este negócio dará um retorno financeiro maior ou menor do que se ele aplicasse a mesma quantidade de dinheiro (no caso, um milhão de reais) no mercado financeiro (em aplicações bancárias, ações, etc.). Em outras palavras, a análise econômico-financeira de um projeto deve responder às seguintes dúvidas do investidor: vale a pena começar um novo projeto que envolve muito trabalho com pessoas, planejamento, organização, etc., se

os bancos estão pagando juros altos que eu poderia ganhar sem esforço algum? Ou seja, se o dinheiro ficar no banco ou em outros investimentos financeiros, sua rentabilidade será maior (e sem tanto trabalho) do que o retorno que pode ser alcançado com o investimento no projeto? Apenas se o retorno financeiro do projeto for maior do que os ganhos com juros ou dividendos que poderiam ser obtidos no mercado financeiro é que o projeto será visto como viável, em termos econômico-financeiros (PAES e VILGA, 2016).

Para sabermos se um projeto é viável financeiramente, existem três indicadores básicos que são muito utilizados nessa mensuração: o *payback* simples, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Basicamente, é necessário que seja elaborado o fluxo de caixa do projeto para poder trabalhar com esses indicadores. Mas o que é o fluxo de caixa? Trata-se da somatória de pagamentos e de recebimentos de um empreendimento, alocados no tempo, em datas ou períodos específicos, ou seja, é uma projeção para períodos futuros de todas as entradas e saídas de recursos financeiros da empresa, indicando qual será o saldo de caixa para o período projetado. Dessa forma, o fluxo de caixa mostra as datas em que a empresa realizará todos os seus pagamentos, bem como os dias em que entrará dinheiro no caixa, por meio dos recebimentos advindos dos clientes (PAES e VILGA, 2016).

Podemos citar como exemplo alguns itens fundamentais que estão em um fluxo de caixa de um projeto mineração na etapa de implantação de um empreendimento minerário. Consideramos entradas: a venda do minério (que pode ser a receita da empresa) e a entrada de capital pela venda de equipamentos usados; enquanto que as saídas são as despesas que ocorrem em todas as etapas da atividade mineral (desde a fase da pesquisa mineral até o fechamento da mina, com a recuperação ambiental). Como forma de exemplificar, podemos citar os principais gastos que toda empresa de mineração terá para realizar suas operações, da seguinte forma: na fase de pesquisa mineral, ela gastará com equipamentos como sondas, além dos trabalhos superficiais de mapeamento geológico e trincheiras, que demandam recursos elevados para a realização destas tarefas; na fase de operação de mina, haverá a aquisição de equipamentos de carga e transporte da mina e todos os equipamentos auxiliares como tratores de esteira, perfuratrizes, motoniveladoras, comboios para abastecimento, caminhões pipa, além da manutenção que é

necessária em todos os equipamentos; na fase de beneficiamento, aparecerão gastos elevados com a implantação da usina e de toda a infraestrutura necessária, como barragens de rejeito (dependendo do processo mineral), investimentos em máquinas e equipamentos da usina e suas manutenções, gastos com escritório e mão de obra especializada, além dos tributos incidentes em todo o processo produtivo; e na fase de fechamento da mina, a mineradora gastará na recuperação ambiental da região da mina e áreas adjacentes, como aqueles destinados às pilhas de estéril e áreas degradadas pelas operações.

Ao analisar o fluxo de caixa de uma mineradora, é possível tomar decisões analisando a quantidade de investimentos previstos ou realizados, os custos e as receitas, que são fundamentais para avaliar se os custos estão maiores do que as receitas (ou vice-versa), pois os custos representam todos os gastos realizados para a realização das atividades, sejam elas por meio de operações indiretas ou operações diretas, como o custo de um caminhão de mina. Já as receitas, são todos os recursos financeiros que entram no caixa da empresa, pelo processo produtivo.

Assim, são considerados elementos que compõem o cálculo da receita em um fluxo de caixa: escala de produção de minério, teor, recuperação no processo, preço da commodity no mercado, taxa de câmbio, dentre outros. O conceito de fluxo de caixa pode ser explicado pela seguinte equação:

$$\text{Fluxo de caixa} = \text{Entrada} - \text{Saída}$$



### Assimile

Em um projeto mineral, são considerados elementos que compõem o cálculo da receita em um fluxo de caixa: escala de produção de minério, teor, recuperação no processo, preço da commodity no mercado, taxa de câmbio, dentre outros.

Vamos, agora, conhecer os indicadores básicos que são utilizados na análise da viabilidade econômica de um projeto. O *payback* simples calcula o prazo necessário para a recuperação do investimento feito, sendo bastante utilizado em projetos de risco alto. Ou seja, ele mostra quanto tempo o *sponsor* precisará esperar para recuperar o dinheiro que investiu. Por esse indicador, o projeto

é considerado viável quando o prazo encontrado como resultado do cálculo for menor que o prazo desejado para a recuperação do investimento (PAES e VILGA, 2016).



### Exemplificando

Valor total de investimento do projeto: R\$ 10.000.000,00.

- Prazo de entrega: 1 ano. Receita esperada no final do projeto: R\$ 5.000.000,00 por ano.

- Prazo estipulado pelos investidores para a recuperação do investimento: 4 anos.

Cálculo do *payback* (PAES e VILGA, 2016):

$Payback = \text{Valor do investimento} \div \text{Valor da receita esperada}$

Logo:  $Payback = R\$ 10.000.000,00 \div R\$ 5.000.000,00 = 2 \text{ anos}$

Conclusão: O projeto é viável, pois o prazo de recuperação é de 2 anos, menor do que aquele que era esperado (4 anos).

O *payback* também pode apoiar a decisão entre dois ou mais projetos:

- Valor total de investimento do projeto A: R\$ 10.000.000,00.

- Prazo de entrega 1 ano. Receita esperada no final do projeto A: R\$ 6.000.000,00 por ano.

$Payback$  do projeto A = Valor do investimento  $\div$  Valor da receita esperada

$R\$ 10.000.000,00 \div R\$ 6.000.000 = 1,66 \text{ ano}$

- Valor total de investimento do projeto B: R\$ 7.000.000,00

Prazo de entrega 1 ano. Receita esperada no final do projeto B: R\$ 4.500.000,00 por ano

$Payback$  projeto B = Valor do investimento  $\div$  Valor da receita esperada

$R\$ 7.000.000,00 \div R\$ 4.500.000,00 = 1,55 \text{ ano}$

Conclusão: como o *payback* do projeto A foi de 1,66 ano e do projeto B foi de 1,55 ano, por esse indicador, o projeto B é considerado mais viável do que o projeto A, pois trará a recuperação do capital investido em um menor espaço de tempo.

O *payback* simples é fácil e rápido de ser calculado, porém, ele não é abrangente e deixa pontos descobertos. Exemplo: não considera os juros do capital, o foco se dá sobre a variável tempo e ele não considera a receita após o período de recuperação do investimento.

O indicador Valor Presente Líquido (VPL) considera uma taxa de desconto do fluxo de caixa, mostrando, então, os valores no momento presente. Ou seja, o VPL é uma fórmula que calcula o valor presente de uma série de pagamentos futuros, descontando uma taxa de custo de capital estipulada (esse cálculo é importante porque o dinheiro que vamos receber no futuro não vale a mesma coisa que essa quantia no tempo presente). Esse valor corresponde ao retorno esperado para o projeto, a uma determinada taxa de custo de capital dentro de um período de duração, sendo que ele será considerado viável quando o resultado da equação for maior do que zero (quanto maior for esse valor, mais viável será o projeto). Supondo que você faça um investimento inicial de R\$ 300 mil em um projeto e espera um recebimento de R\$ 30 mil mensais, em 12 meses. A princípio, o projeto parece vantajoso (o investidor gastou R\$ 300 mil e irá receber R\$ 360 mil), no entanto, nesses 12 meses que acontecerão os recebimentos dos R\$ 30 mil, o *sponsor* poderia ter aplicado o dinheiro, ganhando juros mensais. Ou seja, a uma dada taxa de custo do capital (juros), você deseja saber se o projeto é viável ou não. Embora o cálculo seja bem direto, precisamos observar uma coisa importante: como os recebimentos advindos desse projeto são mensais, a cada mês, os R\$ 30 mil vão perdendo valor. Contudo, os R\$ 300 mil gastos inicialmente foram investidos com valores correntes. Assim, precisamos descontar a taxa do custo do capital de cada recebimento mensal que ocorrerá, para saber o quanto ele valeria hoje, e comparar este resultado com o valor investido (PAES e VILGA, 2016).



### Exemplificando

Valor total de investimento do projeto: R\$ 10.000,00

- Receita no 1º ano: R\$ 2.800,00
- Receita no 2º ano: R\$ 2.900,00
- Receita no 3º ano: R\$ 3.100,00
- Receita no 4º ano: R\$ 3.600,00
- Taxa de desconto do custo do capital (i): 2% ao ano

Se somarmos todos os recebimentos (receitas) anuais que esse projeto vai trazer, encontraríamos um valor de R\$ 12.400,00 (que é maior do que os R\$ 10.000,00 investidos no projeto). No entanto, como esses

recebimentos não aconteceriam imediatamente (mas ao longo do tempo), teríamos que convertê-los para um valor presente, descontando a taxa de custo do capital de cada período. A fórmula a ser aplicada para trazer cada valor a ser recebido em valores presentes é:

$$F = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Onde:

**F = Entrada de caixa**

**i = taxa de desconto do custo do capital**

**n = número de períodos de tempo**

Dessa forma:

No 1º ano: R\$ 2.800,00/(1+2%)<sup>1</sup> = R\$ 2.745,10

No 2º ano: R\$ 2.900,00/(1+2%)<sup>2</sup> = R\$ 2.787,39

No 3º ano: R\$ 3.100,00/(1+2%)<sup>3</sup> = R\$ 2.921,20

No 4º ano: R\$ 3.600,00/(1+2%)<sup>4</sup> = R\$ 3.325,84

Assim, se somarmos todos os valores a serem recebidos nos próximos 4 anos, em valores presentes, teríamos R\$ 11.779,53 (ou seja, aqueles R\$ 12.400,00 que serão recebidos nos 4 anos correspondem a R\$ 11.779,53 em valores presentes, com o desconto de 2% anuais da taxa do custo do capital). Como R\$ 11.779,53 é um valor maior do que os R\$ 10.000,00 investidos, pelo VPL, esse projeto é viável.

O VPL será calculado pela diferença entre os recebimentos futuros convertidos em valores presentes menos o valor investido no projeto.

VPL = - 10.000 + 2.745,10 + 2.787,39 + 2.921,20 + 3.325,84

VPL = - 10.000 + 11.779,53

VPL = + 1779,53

**Conclusão: O VPL foi maior do que zero; logo, o projeto é viável (PAES e VILGA, 2016).**

Para calcular o VPL, use a planilha de cálculo contida em <<http://fazaconta.com/matematica-financeira-val-tir.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que um investimento trará para os investidores ao longo do tempo. O conceito da TIR está muito relacionado ao valor do dinheiro no tempo, pois um capital aplicado a juros de mercado, possui um valor maior no futuro do que nos dias atuais. Isso é devido ao valor do tempo em qualquer aplicação financeira, que já foi defendida por Albert Einstein ao dizer que os juros compostos são a 8ª maravilha do mundo.

O indicador da TIR tem foco na taxa do custo do capital (enquanto o payback simples foca no tempo do retorno do investimento, e o VPL no fluxo de recebimentos e pagamentos, ou seja, no fluxo de caixa, em uma dada data de referência). A TIR é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um fluxo de caixa, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente, ou seja, é a taxa que faz o VPL ser igualada zero. Taxas de retorno de um investimento maiores que a TIR demonstram que o projeto é viável, em termos econômico-financeiros. Quanto maior a TIR em relação à taxa de custo do capital, mais lucrativo será o projeto. A taxa interna de retorno é a taxa de juros recebida para um investimento com base em pagamentos (valores negativos) e recebimentos (valores positivos) que ocorrem, regularmente, num espaço de tempo (mensal, anual), e deve ser comparada a taxas de investimentos de mercado, ou seja, se o banco pagar mais que o resultado da TIR, é melhor aplicar no banco do que investir no projeto (PAES e VILGA, 2016).



### Exemplificando

$$VP = - \text{Capital} \sum_{t=1}^N \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Onde:

VP = Valor Presente

Capital = Valor do investimento feito

N = Quantidade de períodos

Ft = Entrada de capital no período t

i = taxa interna de retorno (taxa de referência do mercado ou desconto do custo do capital)

Com os dados do exercício anterior, teremos:

Taxa de referência do mercado = 2%

VP (valor presente) = 0 (ele é sempre zero no cálculo da TIR)

Capital = R\$ 10.000,00

N = 4 anos

Ft (fluxo de caixa) = R\$ 12.400,00

Resolvendo: TIR = 8,797%

Como a TIR foi maior do que a taxa do custo de capital (taxa de referência do mercado), o investimento no projeto é viável.

Resumo:

Se a TIR for maior do que a taxa de mercado, o projeto é viável. Mas, se ela for igual à taxa de mercado, o resultado é nulo. E, se a TIR for menor do que a taxa de mercado, o projeto é inviável (PAES e VILGA, 2016).

Veja mais em:

<<http://comocalcular.com.br/matematica/taxa-interna-de-retorno>>. Acesso em: 14 jan. 2018).

Para calcular a TIR, use a planilha de cálculo contida em <<http://fazaconta.com/matematica-financeira-val-tir.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2018).

Com base nas análises feitas até aqui, percebe-se que o conhecimento da taxa de juros Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia), usada como referência para várias aplicações financeiras, tomadas de empréstimos e financiamentos, por qualquer empreendimento, é fundamental para quem pensa em buscar dinheiro na forma de empréstimo ou até mesmo financiar máquinas e equipamentos, itens essenciais para o sucesso de uma atividade empresarial tão custosa como a mineral. Essa taxa de juros Selic é definida pelo Copom (Comitê de Política Monetária) do Banco Central e varia conforme vários fatores da economia, como inflação, crescimento interno, exportações, dentre outros. Essa taxa, se for considerada alta, é vista como ruim para o crescimento das empresas, pois poderá inviabilizar muitos projetos produtivos, que irão pagar uma alta taxa de juros sobre qualquer empréstimo tomado (para a aquisição de equipamentos, terrenos, etc.). Já uma taxa de juros mais baixa significa que as empresas terão mais facilidade para financiar seus projetos, adquirindo mais máquinas e equipamentos com um custo muito menor.

Outro fator importantíssimo a ser avaliado em um projeto de mineração é a taxa cambial, pois ela influencia diretamente o custo de produção e o valor das commodities (como os minérios) no mercado internacional, caso a mineradora opere no mercado externo com a venda dos seus produtos. Um equipamento que é utilizado no processo produtivo e é produzido em outro país (ou utiliza peças importadas) também tem seu valor influenciado pela taxa cambial. A moeda de referência para a maioria dos negócios realizados é o dólar, que tem suas variações diárias no mercado futuro através dos contratos, negociados na BM&F Bovespa (Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros) e controlados pelo Banco Central, pelos swaps cambiais, que é a venda da moeda para controle interno em altas acentuadas do dólar, com o intuito de não descontrolar a economia. Empresas mineradoras que têm dívidas em dólares são muito prejudicadas em altas expressivas da moeda norte-americana.



### Refleta

No setor minerário, a análise da variação da taxa de câmbio é fundamental para se ter uma ideia se o projeto será viável economicamente. Se a taxa de câmbio hoje é de R\$ 3,20 = US\$ 1,00 e há uma expectativa que ela suba amanhã para R\$ 3,25 = US\$ 1,00, essa desvalorização da moeda nacional (real) é boa ou ruim para uma mineradora que tem dívida em moeda estrangeira? E para uma organização que vai exportar minério, esse aumento do preço do dólar (ou desvalorização da moeda nacional) vai facilitar ou dificultar essa exportação?



### Pesquise mais

O profissional de engenharia precisa acompanhar o mercado de maneira geral e entender também de economia e indicadores econômicos, pois eles irão influenciar diretamente o ambiente em que irá atuar. É importante, por exemplo, que seja feito o acompanhamento do preço das principais commodities. Para essas informações, pesquise mais em:

BR.INVESTING.COM. Commodities. Disponível em <<https://br.investing.com/commodities/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

## Sem medo de errar

Conseguiu aprender um pouco sobre matemática financeira aplicada ao setor minerário? Esse entendimento será imprescindível para você, como engenheiro de minas da BVC Minerals, calcular se os investidores interessados na mina de cobre de Parauapebas vão realizar esse investimento, ou se, para eles, será mais interessante aplicar o dinheiro em algum fundo financeira, lembrando que o custo do capital é de 10% ao ano.

Quadro 4.3 | Fluxo de caixa previsto para a mina de Parauapebas

Tempo (Ano)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valores US\$ (x1000)	-25000	2000	3000	3500	5500	6000	7000	8000	7000	5000

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 4.3, você deve calcular a Taxa Interna de Retorno (TIR) com o auxílio da fórmula a seguir:

$$VP = - \text{Capital} \sum_{t=1}^N \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Onde:

VP = Valor Presente

Capital = Valor do investimento feito

N = Quantidade de períodos

Ft = Entrada de capital no período t

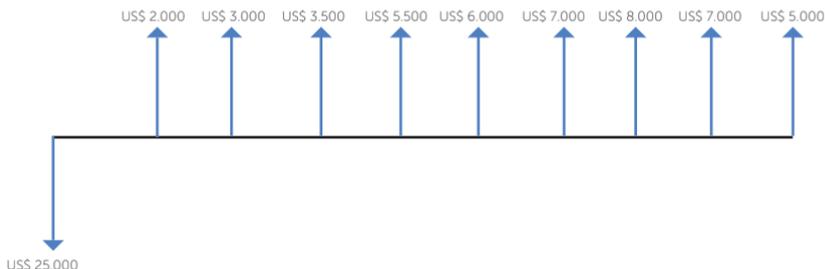
i = taxa interna de retorno (taxa de referência do mercado ou desconto do custo do capital)

VP = 0 (para o cálculo da TIR, esse valor é sempre zero).

Investimento inicial no projeto de 25 milhões de dólares.

Tempo total = 10 anos.

Figura 4.4 | Representação gráfica do Fluxo de Caixa da mina de Parauapebas



Fonte: elaborada pelo autor.

Assim, chegamos a uma TIR de 12,32%. Como a TIR (12,32%) foi maior do que a taxa do custo de capital (10%), o investimento no projeto é viável.

Resumo:

Se a TIR for maior do que a taxa de mercado, o projeto é viável.

Se a TIR for igual à taxa de mercado, o resultado é nulo.

Se a TIR for menor do que a taxa de mercado, o projeto é inviável.

Já para o cálculo do VPL, usaremos os mesmos dados do cálculo da TIR, sendo que ele será calculado pela diferença entre os recebimentos futuros convertidos em valores presentes menos o valor investido no projeto. Dessa forma:

$$\text{VPL} = \text{US\$ } 2.851,85.$$

Como o VPL é positivo, este projeto é viável economicamente. Caso o VPL fosse negativo, o projeto seria inviável (quanto maior o VPL, mais lucrativo é o projeto).

Caso a taxa de juros fosse 0%, o VPL seria a soma de todos os valores contidos no fluxo de caixa, ou seja, o valor futuro seria o mesmo valor presente e sem nenhuma valorização.

Ou seja, a partir dos resultados da TIR e do VPL, você, como engenheiro de minas da BVC Minerals, deve mostrar aos investidores interessados na mina de Parauapebas que, economicamente, esse projeto é viável.

### Indicadores de uma viabilidade econômica

#### Descrição da situação-problema

Você foi contratado para realizar um estudo em um projeto de ouro na Região Sudeste do país, já que a BXPT Gold precisa de um engenheiro com grande experiência na área de avaliação de projetos. Quais variáveis podem ser levantadas por você, no intuito de avaliar os projetos de mineração de ouro, levando em consideração que a empresa negocia um ativo de mercado mundial, que passa por variações todos os dias?

#### Resolução da situação-problema

Você, como engenheiro de minas da BXPT Gold que está levantando variáveis que influenciam os projetos da mineração de ouro, pode começar a avaliar o preço dessa commodity, que influencia diretamente na viabilidade (ou não) do empreendimento. O preço do metal ouro no mercado internacional possui uma relação direta na análise da viabilidade de qualquer projeto de mineração deste metal. Outros fatores precisam ser avaliados como: taxa de juros e taxa de câmbio.

## Faça valer a pena

**1.** Em um projeto de mineração, são várias as análises que precisam ser feitas e vários indicadores que precisam ser acompanhados durante a fase de avaliação e andamento do empreendimento. Esse acompanhamento é muito importante pois irá trazer um panorama sobre a viabilidade econômica de um projeto mineral.

Dentre as variáveis que precisam ser analisadas para a realização de um projeto de mineração, qual é extremamente importante para ser levada em consideração?

- a) IPI.
- b) INPI.
- c) ISS.
- d) Taxa de juros SELIC.
- e) DNPM.

**2.** No contexto da mineração, o valor do dinheiro no tempo possui uma enorme importância, visto que a atividade minerária, na fase inicial de pesquisa, antes de qualquer extração, contará apenas com vultuosos investimentos e praticamente nenhum retorno financeiro.

Na análise da viabilidade econômica de um projeto mineral, por que é importante calcular o indicador Valor Presente Líquido (VPL)?

- a) Porque o dinheiro que vamos receber no futuro, vale a mesma coisa que essa quantia no tempo presente.
- b) Porque a partir dos cálculos do Valor Presente Líquido (VPL), é possível saber quanto a empresa irá pagar de impostos no futuro.
- c) Porque o dinheiro que vamos receber no futuro, não vale a mesma coisa que essa quantia no tempo presente.
- d) Porque em um projeto de mineração, quanto menor o VPL, mais lucrativo será o projeto a ser implementado.
- e) Porque é a partir do cálculo do VPL que podemos definir o tempo necessário para que o projeto se pague.

**3.** Como em qualquer atividade da economia, o setor da mineração depende do acompanhamento de vários indicadores econômicos e indicadores estratégicos, que são calculados e acompanhados pelos gestores da companhia, como forma de garantir a continuidade das atividades e o retorno dos investimentos.

Entre os indicadores estratégicos que são utilizados pelos gestores na atividade minerária, qual a importância em se calcular o *payback* de um investimento?

- a) O *payback* é o resultado da receita menos o custo, ou seja, o cálculo deste indicador demonstra qual o lucro que será gerado pelo projeto.
- b) A partir do cálculo do *payback*, saberemos qual o valor da receita que será gerada pelo empreendimento.
- c) A partir do cálculo do *payback*, podemos projetar o período de recuperação do investimento, ou seja, ele mostra para os investidores quanto tempo terá o retorno dos seus investimentos.
- d) O *payback*, em um projeto de mineração, demonstra o tempo que durará todo o projeto que possibilita a geração de lucro aos acionistas, desde a sua fase inicial até o encerramento das operações.
- e) A partir do cálculo do *payback* é possível trazer os valores das despesas futuras, para os valores presentes.

## Seção 4.3

### Avaliações econômica, técnica, ambiental e legal de projetos minerários

#### Diálogo aberto

Você já deve ter ouvido falar em exploração de minérios na Lua ou em Marte, certo? Supõe-se que nesses locais há muitas riquezas minerais que poderiam ser aproveitadas pela raça humana. No entanto, essa exploração, nos dias atuais, ainda é inviável em termos econômicos (o gasto relacionado a essa extração não a deixaria factível), técnicos (inexistência de equipamentos e tecnologia que consigam realizar essa exploração) e legais (quais países podem fazer essa exploração; quais documentos seriam necessários para a autorização desse trabalho?).

Nesta Seção 4.3, a última desta Unidade, vamos estudar todas as viabilidades que precisam ser analisadas em um projeto mineral. Para nos ajudar nessa empreitada, vamos voltar a uma situação enfrentada pela BVC Minerals.

A empresa está avaliando alguns projetos de mineração para realizar a compra de alguns ativos e precisa definir qual será o mais viável. Por isso, foram avaliadas algumas jazidas de minério de ferro na Região Centro-Oeste do país, sendo apresentadas algumas propostas com o objetivo de encontrar o projeto que melhor atenderia a necessidade da empresa e que utilize processos de acordo com a experiência e conhecimento da equipe técnica da BVC Minerals, da qual você faz parte como engenheiro de minas. Em uma dessas jazidas analisadas, precipitadamente, você achou que ela poderia ser uma boa opção de investimento; no entanto, mudou rapidamente de opinião quando começou a imaginar a complexidade e o custo da implementação do plano de fechamento de mina daquela jazida específica. Você foi levar essa informação para o seu superior, que, surpreso, fez alguns questionamentos: quais inviabilidades poderiam ser analisadas em um plano de fechamento de mina? E quais diretrizes você seguiu para enxergar tais inviabilidades?

Para que seu superior compreenda melhor as suas justificativas, construa a estrutura de um plano de fechamento de mina, indicando para ele onde os custos poderiam ser visualizados.

## Não pode faltar

Em um projeto de mineração podemos identificar vários fatores que influenciam na viabilidade de um empreendimento. Nesta avaliação, podemos identificar fatores técnicos, econômicos, legais e ambientais que influenciarão na abertura, continuidade ou fechamento de uma mina.

As avaliações técnicas e econômicas de um projeto de mineração devem sempre começar aliadas às legais e ambientais pois, dependendo da situação onde o novo projeto ou empreendimento se encontra, o estudo ambiental da região (como as que possuem licenciamentos ambientais ou impedimentos) pode ser decisivo no futuro do empreendimento. Muitas regiões com grande potencial mineral, com viabilidade técnica e econômica, possuem impedimentos ambientais que não permitem a extração mineral, ou a criação de depósitos de estéril ou barragens de rejeito, o que acaba inviabilizando o negócio a ser criado. Hoje, estes fatores são extremamente importantes e precisam ser levados a sério pela equipe que avalia o projeto.



### Exemplificando

A empresa fictícia Brazilian Copper Mining possui algumas áreas requeridas na região da Renca (Reserva Nacional do Cobre e Associados), na Floresta Amazônica, onde, muitos anos atrás, já realizou várias campanhas de pesquisa geológica na região. Com a recente notícia da possibilidade da extinção da reserva, a Brazilian Copper Mining estudou a possibilidade de retomar as atividades e, futuramente, realizar a extração mineral, mas esbarrou nas licenças, que são difíceis de serem concedidas na região pelos órgãos ambientais.

O projeto de mineração considera todas as etapas para a produção mineral, desde a etapa de pesquisa até o fechamento da mina e a recuperação ambiental. Ou então podemos considera-lo

uma parte de um projeto já existente, tendo como objetivo uma melhoria no processo, melhoria na qualidade dos produtos, redução de custos, aumento da vida útil da mina, redução no desgaste dos equipamentos, redução de impactos ambientais ou melhoria para a saúde e segurança dos funcionários da empresa. O projeto de mineração envolve várias etapas que precisam ser avaliadas separadamente, mas que possuem fortes relações entre si, como, por exemplo, a etapa de operação de mina com o meio ambiente e a legislação minerária. As avaliações técnicas e econômicas são realizadas por equipes multidisciplinares e, geralmente, contam com a supervisão de um engenheiro de minas. Já as avaliações jurídicas e ambientais podem ser realizadas por equipes multidisciplinares de advogados e engenheiros ambientais, além dos engenheiros responsáveis pelas áreas de atuação.

Em uma avaliação econômica, temos que destacar que um estudo mal feito do projeto pela equipe de engenharia pode resultar em grandes prejuízos para investidores e empresas envolvidas, pois o setor minerário envolve grandes investimentos e quantias consideráveis de recursos para a realização da atividade. Mesmo que tenhamos estudos bem feitos na fase de pesquisa mineral e lavra, nada garante o sucesso do empreendimento se não tivermos uma boa avaliação econômica dos projetos.

Nas atividades minerárias, os projetos possuem, como característica singular, a duração por um período definido, ou seja, a partir do momento da exaustão da lavra, encerram-se as atividades e espera-se que os investidores tenham lucro, de acordo com os riscos inerentes ao negócio.

Assim, como todo negócio, a mineração possui seus riscos envolvidos que precisam ser considerados e avaliados, durante a fase de estudos de viabilidade do empreendimento. Na avaliação econômica, precisa ser considerada uma projeção de mercado com preços das commodities, custos e investimentos. Esta análise leva em consideração o retorno que o negócio irá trazer para os investidores, pois, se ele não estiver de acordo com os riscos daquele projeto mineral, é mais vantajoso para os investidores procurarem por um outro investimento com menor risco (e um retorno similar), como por exemplo, a aquisição de ativos no mercado financeiro. A maneira de se fazer o estudo da viabilidade econômica de um projeto mineral já foi amplamente estudada na Seção 4.2.

As avaliações técnicas dos projetos de mineração (como os estudos para definição do método de lavra, a geometria a ser utilizada na cava – com as larguras das bermas e alturas de bancadas –, o dimensionamento de frota que será considerado, os estudos de rota de processo na usina de beneficiamento, as pesquisas geológicas realizadas na fase de exploração mineral e os métodos de recuperação ambiental) são tão importantes quanto as avaliações econômicas, já que cada atividade minerária possui características próprias (de cada depósito mineral) que precisam ser avaliadas individualmente. Ou seja, o profissional responsável por esta avaliação técnica não poderá copiá-la de um projeto já existente (isso seria catastrófico), porque cada depósito possui características únicas, como se fosse uma identidade, e precisa ser avaliado individualmente.



#### Assimile

Um projeto de mineração, independentemente se for na fase de lavra ou na fase de beneficiamento, precisa ser baseado nas características geológicas do depósito mineral para a escolha dos equipamentos de mina e usina, do método de lavra e do fluxograma utilizado nas instalações da planta de beneficiamento mineral. Cada depósito possui sua característica única e precisa ser estudado individualmente, pois uma pequena diferença nas características mineralógicas pode mudar sua estrutura para processar a sua substância de interesse.

Podemos definir a avaliação técnica como aquela que se “preocupa com o componente de engenharia e desenho das instalações e equipamentos do projeto, estimando os custos operativos de construção e execução do projeto” (SILVA, 2013, p. 33). Isso significa que a análise técnica irá levantar se é possível a realização das atividades necessárias com os recursos existentes, sejam tecnológicos ou equipamentos.

É a partir dessa avaliação que o responsável técnico irá determinar quais e quantos equipamentos serão necessários para a realização da lavra ou do funcionamento da usina, qual a produtividade destes equipamentos, em quanto tempo ocorrerá a exaustão da jazida com os recursos existentes, qual o método

de lavra mais adequado, como será realizada a pesquisa mineral e qual método será necessário, de acordo com as características geológicas do depósito mineral.



### Exemplificando

Como exemplo de uma avaliação técnica bem-sucedida na área de extração, podemos citar os esforços que foram feitos para a realização da pesquisa e da extração de óleo e gás, na região do pré-sal. O pré-sal foi muitas vezes citado na mídia como um projeto inviável tecnicamente, pela dificuldade de extração devido à grande profundidade a ser alcançada; no entanto, após muitos estudos e investimentos em tecnologia em águas profundas, foram vencidas essas dificuldades técnicas e, atualmente, o pré-sal produz quantidade suficiente de óleo para abastecer uma grande parte do consumo nacional (PINTO, 2017).

A avaliação técnica do empreendimento minerário passa pelo estudo da frota de equipamentos de carga e transporte que será utilizada para a extração mineral, com o seu correto dimensionamento, de acordo com as características da lavra e do depósito mineral. É importante destacar que os tipos de equipamentos e o porte que serão utilizados dependem de fatores importantíssimos como: a escala de produção, o tipo de rocha a ser extraída (levando em consideração as características físicas da rocha como dureza e abrasividade), além dos parâmetros geométricos da cava como, por exemplo, a altura das bancadas. Outro ponto a destacar é em relação à Distância Média de Transporte (DMT) que será utilizada no empreendimento. É preciso avaliar a DMT das frentes de lavra até o britador, das frentes de lavra até os depósitos de estéril, do empreendimento até o mercado consumidor. A partir destes parâmetros, é possível realizar o correto dimensionamento da frota que será utilizada na mina e o melhor sistema de transporte em cada fase do processo. Um uma mina, temos diversas opções de transporte do minério e do estéril, e o mais utilizado se dá por caminhões. Esse sistema é mais flexível e ao mesmo tempo com baixo custo de implantação quando comparado a outros sistemas de transporte como TCLD (Transporte de Correias de Longa Distância) ou ferrovias, no transporte do britador primário até as instalações de beneficiamento, por exemplo.

Também é importante ressaltar que a altura da bancada e a escala de produção seguirão as características da geologia do depósito a ser lavrado. Para definir a altura das bancadas da mina, é necessário avaliar a potência da camada, ou seja, a espessura das camadas do depósito a ser lavrado e as características da rocha, pois um depósito com material muito friável (ou seja, muito macio) não suporta bancadas muito altas. Tudo dependerá das características da rocha e isso deve ser avaliado individualmente por um profissional da área da geotecnia, ao longo da avaliação técnica do projeto.

A largura da berma que será utilizada na cava é outro fator que influenciará diretamente o dimensionamento de frota pois é um parâmetro que determinará a largura dos equipamentos que passarão por estes acessos.

Segundo Silva (2013, p. 33), a avaliação ambiental é a que “trata, nomeadamente, de aspectos relacionados com a poluição e alteração dos ecossistemas”, precisando estar de acordo com a legislação ambiental. Esta avaliação pode ser realizada por profissional legalmente habilitado, como o engenheiro ambiental ou outro profissional nessa área de atuação. No caso da necessidade da realização de um desmatamento, por exemplo, é possível a consulta ao engenheiro florestal, assim como, na fase inicial do projeto de mineração, é importante a participação nessas análises do biólogo, arqueólogo e outros profissionais que, de certa forma, estão envolvidos na atividade que detecta possíveis impactos ambientais.

Mas, o que seria impacto ambiental? De acordo com o artigo 1º da Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986:



**considera-se impacto ambiental, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:**

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;**
- II. as atividades sociais e econômicas;**
- III. a biota;**
- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;**
- V. a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986)**

Já o artigo 2º, da mesma Resolução Conama nº 1, descreve sobre o relatório EIA/Rima (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental) que:

Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

IX. Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração;

X. Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos. (BRASIL, 1986).

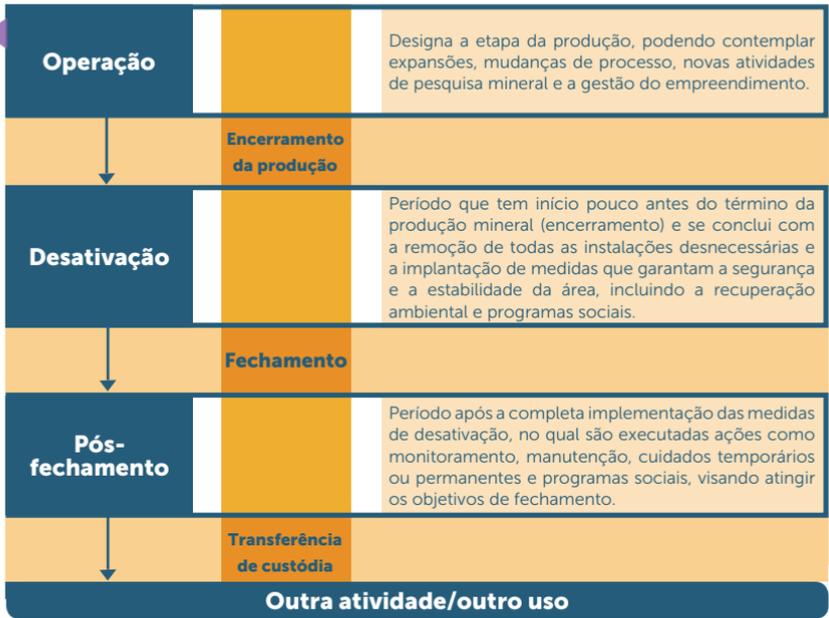
De acordo com Assis et al. (2011), ao analisarmos o relacionamento entre a exploração mineral e o meio ambiente, percebe-se que a mineração atua de duas formas: ela provoca desmatamento e escavação de terras em grandes extensões; e o lançamento de resíduos de pó e de produtos químicos no solo, no ar, na flora e nas águas. Ou seja, o intuito de uma avaliação ambiental é conseguir, inicialmente, fazer a exploração mineral de forma racional, que leve em conta tanto os interesses privados da empresa mineradora como os interesses diretos da população (ASSIS et al., 2011). Em um segundo momento, a análise ambiental deve mostrar um breve histórico do município, enfocando a localização geográfica, e alguns aspectos físicos e socioeconômicos, avaliando-se os impactos ambientais causados pela extração mineral naquela cidade, mostrando como alternativa para amenizar estes problemas, um programa de controle ambiental, através de normas superficiais e preliminares que, se desenvolvidas, poderiam amenizar todo este processo (ASSIS et al., 2011). Por fim, a empresa mineradora deve sugerir a implantação da gestão ambiental participativa, onde deve-se estimular o crescimento da consciência ambiental para toda a população que mora nos entornos da mina, permitindo-a participar em um nível mais alto no processo decisório, como forma de fortalecer sua corresponsabilidade na fiscalização e no controle dos agentes de degradação ambiental (ASSIS et al., 2011).

A análise ambiental na atividade minerária deve ocorrer desde o primeiro momento (quando se decide por realizar a pesquisa em uma área a ser explorada) até o fechamento da mina e desmobilização. Esta análise deve conter o levantamento dos principais impactos ambientais gerados pela atividade, a reutilização dos resíduos gerados pelo processo produtivo, o aproveitamento da rocha lavrada para outras aplicações industriais, transformando um depósito mineral em jazida. O objetivo dessa análise é antecipar algum dano na natureza que venha a ocorrer durante o processo e revertê-lo o quanto antes, quando possível. Em alguns casos, o dano ambiental é revertido em algum benefício para a natureza, como o plantio de árvores e preservação de áreas de floresta, como por exemplo ocorre na Floresta de Carajás, preservada pela empresa Vale. Medidas mitigadoras e compensatórias são muito úteis com o objetivo de diminuir o passivo ambiental.

A Figura 4.4 traz um esquema completo com todas as etapas de vida de uma mina, em que podemos ver algumas ações importantes durante a desativação e o pós-fechamento da mesma, enquanto a Figura 4.5 mostra uma estratégia para que a mina seja fechada deixando impactos positivos para o meio ambiente.

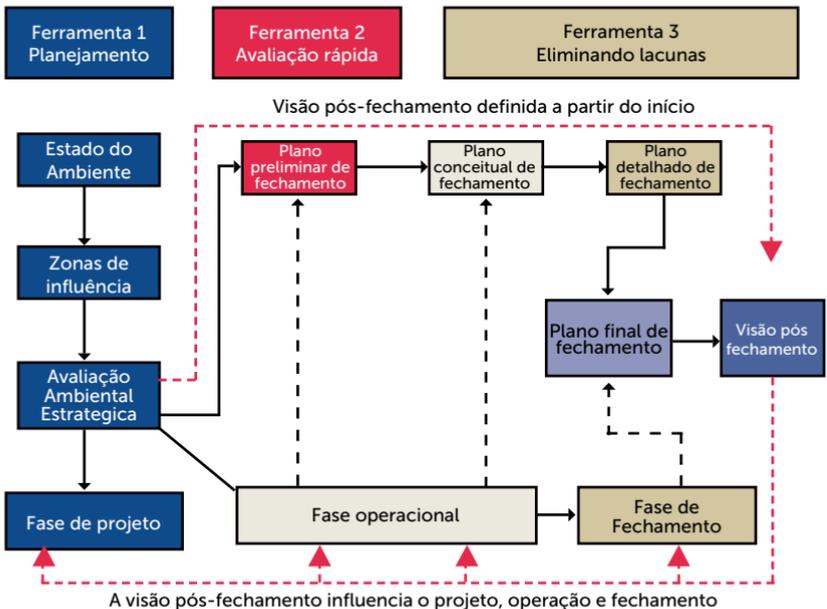
Figura 4.5 | Etapas do ciclo de vida de uma mina

ETAPAS DA VIDA DA MINA	MARCOS	DESCRIÇÃO DAS ETAPAS
<b>Estudo de viabilidade</b>		Inclui a exploração, estudos de previabilidade, desenvolvimento de rotas de processo e estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental. A exploração tem como objetivo descrever qualitativa e quantitativamente o depósito mineral. O estudo de viabilidade é conduzido para determinar o potencial do desenvolvimento do depósito mineral e a escala de produção.
↓	<b>Início da implantação</b>	
<b>Implantação</b>		Esta etapa se refere às atividades de construção e de preparação da mina e da infraestrutura necessária, inclui a aquisição de terras e a execução de programas compensatórios.
↓	<b>Início da produção</b>	▶



Fonte: Sánchez (2013, p. 42).

Figura 4.6 | Abordagem para alcançar um fechamento de mina que produza um legado positivo



Fonte: Botha (2013, p. 5).

A última avaliação de um projeto minerário é a legal, que é realizada durante todas as fases do empreendimento e está muito relacionada aos cumprimentos ambientais. É importante salientar que, independentemente do porte do empreendimento, um entrave com a justiça ou qualquer pendência com os órgãos ambientais, Ministério Público, Ministério do Trabalho ou a Agência Nacional da Mineração (ANM), antigo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), pode paralisar as atividades minerárias a qualquer momento.

Todo empreendimento minerário precisa apresentar, na sua fase de licenciamento, à ANM, um documento com dados comprobatórios da viabilidade das atividades e todo investimento programado para realizar o empreendimento. Este documento é o PAE (Plano de Aproveitamento Econômico) que compõe o Requerimento de Lavra, juntamente com outros documentos, e está descrita no Código de Mineração, no artigo 38, a sua obrigatoriedade para o minerador que solicita a Portaria de Lavra. Cada projeto de mina terá um PAE que será coerente com a substância mineral a ser extraída, pois dependerá: do tipo de depósito, da quantidade a ser lavrada, do método de lavra, dentre outros.

De acordo com o artigo 38, do Código de Mineração, são informações que devem estar contempladas no PAE:



[...] II - designação das substâncias minerais a lavar, com indicação do alvará de pesquisa outorgado, e da aprovação do respectivo Relatório.

III - denominação e descrição da localização do campo pretendido para a lavra, relacionando-o, com precisão e clareza, aos vales dos rios ou córregos, constantes de mapas ou plantas de notória autenticidade e precisão, e estradas de ferro e rodovias, ou, ainda, a marcos naturais ou acidentes topográficos de inconfundível determinação; suas confrontações com autorização de pesquisa e concessões de lavra vizinhas, se as houver, e indicação do Distrito, Município, Comarca e Estado, e, ainda, nome e residência dos proprietários do solo ou posseiros; e [...]

V - servidões de que deverá gozar a mina. (BRASIL, 1967)

Também são itens exigidos na elaboração do PAE: estudo de viabilidade econômica; dados da mão de obra a ser empregada; plano de controle dos impactos ambientais na mineração; cronograma dos trabalhos; plano de resgate e salvamento; plano de gerenciamento de risco; plano de fechamento de mina; e plano de controle médico e saúde ocupacional (BRASIL, 1967).



### Pesquise mais

Para mais informações sobre as partes que compõem o Plano de Aproveitamento Econômico – PAE, pesquise mais em:

GUIA do minerador: regimes de autorização e concessão. Disponível em <[http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia\\_2.htm#28](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Guia/Guia_2.htm#28)>. Acesso em: 8 jan. 2018.

Ainda sobre a avaliação legal de um projeto de mineração, cabe destacarmos que todo projeto minerário, antes mesmo de iniciar a extração mineral, deve contemplar, obrigatoriamente, o Plano de Fechamento da Mina. Esse guia necessita apresentar: as atividades que foram realizadas naquela localidade, o plano para desmobilização da infraestrutura, equipamentos e instalações da companhia, e o levantamento topográfico da área, com área da mina, escritórios, usina, depósitos de estéril, barragens de rejeito, dentre outros (perceba que tudo isso precisa ser levado em conta na avaliação econômica do projeto, pois trará gastos para o minerador). Além disso, como componente do Plano de Fechamento de Mina, é necessário o levantamento de elaboração de planos de controle de diversas estruturas da mina, como controle do lançamento de efluentes, poluição do solo, dentre outros. Esse plano deverá trazer um programa que apresentará todas as mudanças para desmobilização das estruturas, sistemas de contenção de taludes, situação da captação de água e cuidados com o lençol freático e sistemas de drenagem da cava, pois, se não for eficiente, águas pluviais irão danificar as estruturas da mina, com o risco de deslizamentos (todos esses, itens que influenciarão a viabilidade ambiental do projeto). Além disso, é necessário pensar em elaborar um plano de segurança, que impede a entrada de pessoas não autorizadas na área da mina.

Dessa forma, a decisão em fechar uma mina precisa ser formalizada junto aos órgãos responsáveis. A nossa legislação aborda o tema “Fechamento de Mina” na NRM (Norma Regulamentadora da Mineração), artigo 20, que trata da suspensão das operações mineiras e fechamento de mina. Para que ocorra a retomada das atividades após o fechamento da mina, o órgão responsável precisa ser comunicado e irá avaliar a retomada das atividades no local. Caso contrário, o minerador não está autorizado a realizar o reinício das atividades.

Assim, de forma resumida, temos que o Plano de Fechamento de Mina é uma exigência legal que documenta todos os compromissos assumidos pela empresa mineradora, no que tange à última etapa da atividade mineral (portanto, ele está relacionado com a avaliação legal de um projeto minerário). Segundo Sánchez (2013, p. 51-53), ele deve ser planejado, seguindo as seguintes diretrizes: 1) o planejamento do fechamento deve começar desde a concepção do projeto de uma nova mina, com a identificação e avaliação dos impactos socioambientais do fechamento, (o que nos remete à avaliação ambiental do projeto), e a avaliação técnica para fazer esse fechamento (como, por exemplo, a possibilidade de uso de materiais para se fazer a drenagem ácida, caso ela seja necessária); 2) a empresa deve planejar o fechamento de minas em atividade (definindo os objetivos do fechamento como o uso futuro da área) e promovendo a recuperação progressiva das áreas degradadas, (o que nos remete à avaliação ambiental do projeto); 3) deve envolver todos os *stakeholders* (partes interessadas) internos e externos; 4) os resultados devem ser registrados em outros documentos (o que nos remete à avaliação legal do projeto); 5) a empresa precisa estimar todos os custos associados ao fechamento da mina (o que nos remete à avaliação econômica do projeto); 6) a empresa deve acompanhar o desenvolvimento socioeconômico local; 7) o plano deve ser atualizado sempre que houver quaisquer modificações no projeto da mina ou condições de entorno.



Na Figura 4.7, temos os componentes básicos de um plano de fechamento de mina:

Figura 4.7 | Componentes de um plano de fechamento

- 1.** Definição das questões chave e dos objetivos do fechamento (incluindo uso pós-fechamento)
- 2.** Caracterização do empreendimento
- 3.** Caracterização da área
- 4.** Plano de envolvimento com as partes interessadas externas
- 5.** Plano de envolvimento com as partes interessadas internas
- 6.** Plano de demissão
- 7.** Plano de comunicação
- 8.** Plano de consultas às partes interessadas externas e internas
- 9.** Mecanismo de recebimento e registro de queixas e reclamações
- 10.** Programas sociais e ambientais
- 11.** Programa de desativação
- 12.** Avaliação de risco
- 13.** Avaliação dos resultados do fechamento (Definição de critérios de fechamento)
- 14.** Gestão pós-fechamento
- 15.** Custos de fechamento e provisão financeira
- 16.** Cronograma físico-financeiro
- 17.** Transferência de custódia
- 18.** Plano de Contingência
- 19.** Plano de Monitoramento e Manutenção

Fonte: Sánchez (2013, p. 198).



O processo para obtenção das licenças para realizar a extração mineral, precisa passar pelo Plano de Fechamento de Mina, e este plano, irá impactar no custo final do projeto. Em qual momento do projeto de mineração, devemos realizar o planejamento do fechamento da mina?

### Sem medo de errar

Com os assuntos abordados nesta seção, podemos voltar à nossa situação-problema. A BVC Minerals está avaliando alguns projetos de mineração para realizar a compra de alguns ativos e precisa definir qual será o mais viável. Você começou a avaliar algumas jazidas de minério de ferro na Região Centro-Oeste do país, e, precipitadamente, achou que uma delas poderia ser uma boa opção de investimento; no entanto, mudou rapidamente de opinião quando começou a imaginar a complexidade e o custo da implementação do plano de fechamento de mina daquela jazida específica. Levando essa informação para o seu superior, surpreso, ele fez alguns questionamentos: quais inviabilidades poderiam ser analisadas em um plano de fechamento de mina? E quais diretrizes você seguiu para enxergar tais inviabilidades?

Para responder a essas perguntas, diga para seu superior que todas as etapas de um projeto minerário precisam ser viáveis, para que valha a pena o investimento da BVC Minerals, inclusive a fase do fechamento da mina. A viabilidade econômica de um projeto levará em consideração o retorno que o negócio irá trazer para os investidores, pois, se ele não estiver de acordo com os riscos daquele projeto minerário, é mais vantajoso para os investidores procurarem por um outro investimento com menor risco (e um retorno similar), como por exemplo, a aquisição de ativos no mercado financeiro (ou até mesmo uma outra jazida). Uma das diretrizes do Plano de Fechamento de Mina mostra que a empresa (no caso, a BVC Minerals) precisa estimar todos os custos associados ao fechamento e, dependendo da complexidade desse processo e magnitude dos gastos envolvidos, isso pode ser um impeditivo para o investimento em uma jazida.

Além disso, é necessário se fazer a análise da viabilidade técnica de um projeto minerário, que irá levantar se é possível a realização das atividades necessárias com os recursos existentes, sejam tecnológicos ou equipamentos. No caso do Plano de Fechamento da Mina, isso aparece como uma diretriz inicial que reforça que o planejamento deve começar desde a concepção do projeto de uma nova mina, quando será levantada a real possibilidade de uso de equipamentos e materiais para esse trabalho.

Já a análise da viabilidade ambiental trata de aspectos relacionados à poluição e alteração dos ecossistemas, desde o primeiro momento (quando a empresa decide realizar a pesquisa minerária em uma área a ser explorada) até o fechamento da mina e desmobilização. Esta análise deve conter o levantamento dos principais impactos ambientais gerados pela atividade, a reutilização dos resíduos gerados pelo processo produtivo, o aproveitamento da rocha lavrada para outras aplicações industriais, transformando um depósito mineral em jazida. O objetivo dessa análise é antecipar algum dano na natureza que venha a ocorrer durante o processo e revertê-lo o quanto antes, quando possível. No caso do plano de fechamento de uma mina, a viabilidade ambiental deve ser tema recorrente desde o planejamento do fechamento, com a identificação e a avaliação dos impactos socioambientais desse fechamento.

Por fim, a viabilidade legal está relacionada a todas as normas que devem ser seguidas e documentações que precisam ser apresentadas aos órgãos competentes, sendo que o Plano de Fechamento de Minas é um desses documentos.

Para tornar sua explicação mais assertiva, mostre a seu superior todos os componentes de um Plano de Fechamento de Mina (conforme a Figura 4.7), indicando o termo de número 15 como o local onde os custos desse trabalho poderiam ser encontrados e analisados.

Figura 4.7 | Componentes de um plano de fechamento

- 1.** Definição das questões chave e dos objetivos do fechamento (incluindo uso pós-fechamento)
- 2.** Caracterização do empreendimento
- 3.** Caracterização da área
- 4.** Plano de envolvimento com as partes interessadas externas
- 5.** Plano de envolvimento com as partes interessadas internas
- 6.** Plano de demissão
- 7.** Plano de comunicação
- 8.** Plano de consultas às partes interessadas externas e internas
- 9.** Mecanismo de recebimento e registro de queixas e reclamações
- 10.** Programas sociais e ambientais
- 11.** Programa de desativação
- 12.** Avaliação de risco
- 13.** Avaliação dos resultados do fechamento (Definição de critérios de fechamento)
- 14.** Gestão pós-fechamento
- 15.** Custos de fechamento e provisão financeira
- 16.** Cronograma físico-financeiro
- 17.** Transferência de custódia
- 18.** Plano de Contingência
- 19.** Plano de Monitoramento e Manutenção

Fonte: Sánchez (2013, p. 198).

## Avançando na prática

### Avaliação técnica de um projeto de mineração

#### Descrição da situação-problema

Você faz parte do quadro da equipe de engenheiros da empresa FRL Consult Mining, uma empresa de consultoria especializada em projetos de mineração, e foi contratado para realizar a avaliação técnica dos dados geológicos de uma nova mina que seu cliente quer explorar. Quais aspectos você deverá analisar nessa avaliação técnica?

## Resolução da situação-problema

Considerando as informações levantadas a respeito do depósito que contém a substância mineral de interesse, nessa avaliação técnica, você precisa levantar informações básicas a respeito da geologia do depósito, como os principais minerais constituintes e as formações rochosas da região. Com estas informações, o geólogo poderá solicitar uma análise física e química destas amostras minerais em laboratórios especializados, estimar o volume, a massa, a densidade, a posição, inclinação e profundidade desta jazida, por meio dos trabalhos da pesquisa mineral, que tem como objetivo investigar substâncias minerais superficiais e em profundidade e por fim, levantar o potencial econômico do corpo mineral.

Além disso, a avaliação técnica também definirá o método de lavra, a geometria a ser utilizada na cava (com as larguras das bermas e alturas de bancadas), o dimensionamento de frota que será considerado (quais e quantos equipamentos serão utilizados em todas as etapas da atividade mineral, de acordo com a produtividade dos mesmos), os estudos de rota de processo na usina de beneficiamento e os métodos de recuperação ambiental.

### Faça valer a pena

**1.** Todo empreendimento minerário passa por diversas análises técnicas e econômicas antes de ser iniciado. Na mineração, por se tratar de um setor em que os investimentos necessitam de grande volume financeiro, a avaliação econômica precisa ser muito bem elaborada por uma equipe de engenheiros bem capacitada e com muita experiência nos estudos de viabilidade para tomar a melhor decisão.

Ao fazer a projeção de mercado, quais aspectos devem ser analisados em uma avaliação econômica?

- a) Preço das commodities, custos e investimentos.
- b) Preço das commodities e ações da empresa na Bolsa de Valores.
- c) Investimentos, extinção de alguma espécie animal local e preço das commodities.
- d) Ações da empresa na Bolsa de Valores e investimentos.
- e) Custos, investimentos e extinção de alguma espécie animal local.

**2.** A avaliação técnica do empreendimento minerário passa pelo estudo da frota de equipamentos de carga e transporte que será utilizada para extração mineral, com o seu correto dimensionamento de acordo com as características da lavra e do depósito mineral.

A partir disso, quais são principais fatores que influenciam neste dimensionamento da frota?

- a) Tipo de rocha e tamanho do equipamento de britagem.
- b) Preço das máquinas e escala de produção.
- c) Escala de produção e tipo de rocha.
- d) Escala de produção e localização do depósito.
- e) Tamanho do equipamento de britagem e localização do depósito.

**3.** Todo projeto de mina terá um PAE (Plano de Aproveitamento Econômico) que será elaborado de acordo com as características do depósito a ser lavrado e da futura mina, estando também relacionado com as substâncias minerais que serão extraídas, já que a definição correta destes fatores é fundamental para o sucesso do empreendimento.

De acordo com o Código de Mineração, qual informação deve constar no PAE?

- a) Estudo das amostras coletadas na fase pesquisa.
- b) Análise do mercado de commodities.
- c) Métodos de pesquisa utilizados.
- d) Estudo de viabilidade econômica.
- e) Dados do superficiário.

# Referências

- ANDRADE, J. G.; FERREIRA, G. E. **Elaboração e Avaliação Econômica de Projetos de Mineração**. CETEM: Rio de Janeiro. 2004.
- ANDRADE, J. G.; FERREIRA, G. E. **Elaboração e Avaliação Econômica de Projetos de Mineração**. Rio de Janeiro: CETEM, 2010.
- ASSIS, Heline Fernanda Silva de; BARBOSA, José Aécio Alves; MOTA, Tercio De Sousa. Avaliação dos impactos ambientais provocados pela atividade mineradora no município de Pedra Lavrada-PB. In: **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIV, n. 90, jul. 2011. Disponível em: <[http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=9925&revista\\_caderno=5](http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=9925&revista_caderno=5)>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- BERGERMAN, Maurício. **Estudo de variabilidade e otimização do circuito de moagem SAG da Usina do Sossego**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672009000100013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672009000100013)>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- BOTHA, Rudolph. **Fechamento de mina**: caixa de ferramentas. Versão 2. Johannesburg: Anglo American, 2013. Disponível em: <<http://www.angloamerican.com/~media/Files/A/Anglo-American-PLC-V2/documents/approach-and-policies/environment/caixa-de-ferramentas-folheto-principal.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2018.
- BR.INVESTING.COM. **Commodities**. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- BRASIL. Decreto-Lei n. 227, de 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0227.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0227.htm)>. Acesso em: 9 jan. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA, n. 001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- DNPM. Informe Mineral. **Desenvolvimento & Economia Mineral**. 1º Semestre 2009.
- GUIA DO MINERADOR. Disponível em: <<http://www.dnpm-pe.gov.br/Legista/Guia/indice.php>>. Acesso em: 30 dez. 2017.
- MIRABELA **MINERAÇÃO**. Disponível em <<http://www.mirabelamineracao.com>>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- MONTEIRO, Marcos Antonio Soares. **Projeto de lei da ANM**. Disponível em <<https://www.slideserve.com/cutter/projeto-de-lei-da-anm>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

NRM – Normas Regulamentadoras da Mineração. **Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras**. Disponível em: <[http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm\\_20.htm](http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_20.htm)>. Acesso em: 30 jan. 2018.

O GLOBO. **Investimentos em blocos concedidos do pré-sal chegam a US\$ 120 bi**. Publicado em 6 out. 2016. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/petroleo-e-energia/investimentos-em-blocos-concedidos-do-pre-sal-chegam-us-120-bi-20245565>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

PAES, Evandro; VILGA, Vaine Fermoseli. **Gestão de projetos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

PINTO, Eduardo Costa. **A trajetória do pré-sal: a aposta vira realidade**. Publicado em 17 out. 2017. Disponível em: <<https://www.cartacapital.com.br/economia/a-trajetoria-do-pre-sal-a-aposta-vira-realidade>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

REVISTA MINÉRIO & MINERALES. **200 maiores minas brasileiras**. Ano XL, n. 391 – outubro/ novembro 2017. Disponível em: <[http://revistaminerios.com.br/wp-content/uploads/MM391\\_final.pdf](http://revistaminerios.com.br/wp-content/uploads/MM391_final.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2017.

RODRIGUES, Nikolas Gebrim; ALMEIDA, Alexandre Nascimento de. **Custo para recuperar uma área degradada: um projeto para a cascalheira do Parque Sucupira**. Disponível em <[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14342/1/2016\\_NikolasGebrimRodrigues\\_tcc.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14342/1/2016_NikolasGebrimRodrigues_tcc.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2018.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Guia para o planejamento do fechamento de mina**. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2013. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004091.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

SILVA, Eduardo Sá. **Dicionário de gestão**. Porto, Portugal: Vida Económica, 2013, p. 33. Disponível em: <<https://goo.gl/dcTQF4>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

SOUZA, P. A. **Avaliação econômica de projetos de mineração - análise de sensibilidade e análise de risco**. Belo Horizonte: IETEC, 1995.

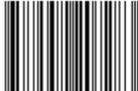
SOUZA, P. A. **Avaliação econômica de projetos de mineração - análise de sensibilidade e análise de risco**. Belo Horizonte: IETEC, 1995.

VALE S.A. Disponível em: <<http://www.vale.com>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

VALE, J. M. C. **Estratégias de Controle no Processamento de Minério de Ferro**. Monografia. Agosto de 2014. Escola de Engenharia da UFMG. Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/VRNS-9QBMC7/monografia\\_jv.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/VRNS-9QBMC7/monografia_jv.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 18 dez. 2017.



ISBN 978-85-522-0728-3



9 788552 207283 >